

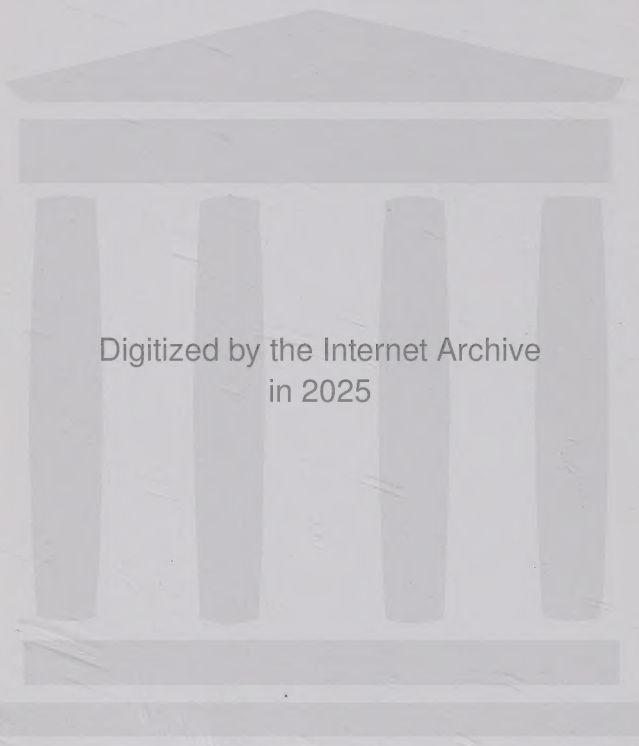


33. M. 166









Digitized by the Internet Archive  
in 2025





# **Bibliothek v. Coler.**

Sammlung von Werken

aus dem

**Bereiche der medizinischen Wissenschaften**

mit besonderer Berücksichtigung

**der militärmedizinischen Gebiete.**

Herausgegeben von

**O. Schjerning.**

**Band 21.**

**Die Verwundungen durch die modernen Kriegsfeuerwaffen,  
ihre Prognose und Therapie im Felde.**

**I. Band: Allgemeiner Teil.**

Von

**Stabsarzt Dr. Hildebrandt.**

**Berlin 1905.**

**Verlag von August Hirschwald.**

NW. Unter den Linden 68.

Die Verwundungen  
durch die  
modernen Kriegsfeuerwaffen,  
ihre Prognose und Therapie im Felde.

Von

Stabsarzt Dr. **Hildebrandt**,  
Assistenzarzt der chirurgischen Klinik der Charité.

**I. Band.**  
**Allgemeiner Teil.**

*Mit 2 Tafeln und 109 Abbildungen im Text.*

Berlin 1905.  
Verlag von August Hirschwald.  
NW. Unter den Linden 68.



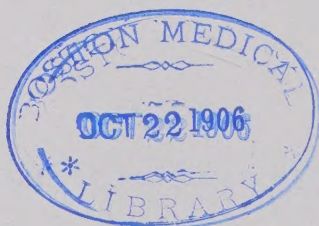
MICROFILMED  
AT HARVARD

5448

---

Alle Rechte vorbehalten.

---



## Vorwort.

---

Nachdem mir ein Einblick in „Die Verwundungen durch die modernen Kriegsfeuerwaffen“ bereits vor dem Erscheinen des Buches gestattet war, entspreche ich gern dem Wunsche meines alten Schülers und Assistenten, des Stabsarztes a. D. Dr. Hildebrandt, der Arbeit ein Geleitswort mitzugeben.

Es sind dem Verfasser bei der Bearbeitung des Stoffes verschiedene für ihn günstige Verhältnisse zu statten gekommen. Zu diesen rechne ich vor allem, daß es ihm möglich war, die Wirkung der modernen kleinkalibrigen Projektile auf dem Schlachtfelde zu beobachten und den Verlauf der durch sie gesetzten Verwundungen bei Anwendung der heutigen Grundsätze der Wundbehandlung zu verfolgen. In zweiter Linie ist aber zu berücksichtigen, daß Dr. H. in der Lage war, nicht nur bei mannigfachen Schießversuchen der Medizinalabteilung des Kriegsministeriums mitzuarbeiten, sondern daß ihm auch die Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie in liberaler Weise zur Verfügung gestellt war.

Von diesen günstigen Verhältnissen hat nun Hildebrandt in Verbindung mit einer außerordentlich sachverständigen Benutzung der reichen Literatur unter besonderer Berücksichtigung dessen, was die Medizinalabteilung des Kriegsministeriums seinerzeit unter v. Coler und Schjerning geschaffen hat, Nutzen gezogen und ein Werk geliefert, welches auch seiner persönlichen Leistung, seiner Mitarbeit

in wissenschaftlicher und zumal in der praktischen Richtung den überall in den Grenzen bescheidener Zurückhaltung bleibenden Ausdruck gibt. Rechnen wir dazu, daß der oft recht spröde Stoff knapp und klar und in sehr gut leserlicher Weise behandelt worden ist, so dürfen wir wohl unser Urtheil dahin abgeben, daß das Buch den heutigen Standpunkt der Chirurgie der Kriegsverletzungen in zweckentsprechender Weise darstellt.

Wir sind der Meinung, daß dasselbe dem Andenken v. Coler's in dieser Bibliothek ein gutes Blatt hinzufügt.

**König.**



# Einleitung.

Die nachfolgenden Schilderungen der Wirkung der modernen Feuerwaffen gründen sich auf die Erfahrungen, welche ich während meiner Tätigkeit in zwei Feldzügen, dem Burenkriege und der Expedition nach China im Jahre 1901/1902, sowie bei der Teilnahme an Schießversuchen gesammelt habe. Das Gros der Verwundungen in modernen Schlachten stellen die Verletzungen durch die kleinkalibrigen Projektile dar; ihre Beschreibung nimmt daher auch den Hauptteil meiner Arbeit ein. Es sind jedoch auch die Verletzungen durch die älteren Gewehr- und modernen Artilleriegeschosse ausführlicher beschrieben worden. Dabei ist die reichhaltige Literatur, welche sich über diesen Gegenstand angesammelt hat, insbesondere die Berichte der englischen Chirurgen aus Südafrika, die experimentellen Abhandlungen, so das bekannte Werk der Preussischen Medizinal-Abteilung, gebührend berücksichtigt worden.

Photographien und Zeichnungen, meist von Präparaten aus der kriegschirurgischen Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie herstammend, erläutern die Schilderungen. Besonderer Wert wurde auf die Vorführung von Röntgenbildern gelegt, weil sie, weit besser noch als das Knochenpräparat, die Verhältnisse am lebenden Körper zu zeigen imstande sind.

Da wir bis jetzt in Deutschland noch kein Werk über Kriegschirurgie besitzen, welches auf den Erfahrungen der neuesten Feldzüge basiert, so glaube ich, daß die Abhandlung einem Bedürfnisse abhilft.

Berlin, Januar 1905.

**Hildebrandt.**



# Inhaltsangabe.

## Teil I.

### Die Kriegsf Feuerwaffen und ihre Wirkung.

Abchnitt 1. Die modernen Kriegsf Feuerwaffen, ihre Entwicklung und jetzige Konstruktion.	Seite
Kapitel 1. Die Handf euerwaffen . . . . .	1
A. Die Entwicklung und der derzeitige Stand der Waffe . . . . .	2
B. Die treibenden Kräfte . . . . .	8
C. Das Geschöß . . . . .	9
Kapitel 2. Die Geschütze . . . . .	15
A. Die Waffe . . . . .	15
B. Die treibenden Kräfte . . . . .	19
C. Die Geschosse . . . . .	23
Abchnitt 2. Die Wirkung der Kriegsf Feuerwaffen.	
Kapitel 1. Das Projektil u. seine Veränderungen nach dem Abfeuern.	
A. Die Deformation und Erhitzung der Geschosse . . . . .	31
B. Die Durchschlagskraft und das Steckenbleiben derselben . . . . .	42
C. Querschläger und indirekte Projektil e . . . . .	46
Kapitel 2. Die Wirkung des Geschosses auf den menschlichen Körper und die dafür maßgebenden Faktoren . . . . .	51

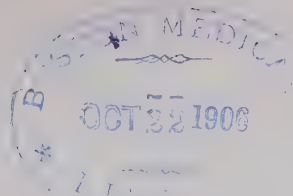
## Teil II.

### Die Verwundungen durch die modernen Kriegsf Feuerwaffen.

Abchnitt 1. Die allgemeine Charakteristik und Symptomatologie der Verwundungen.	
Kapitel 1. Die Einteilung und allgemeine Charakteristik der Verwundungen . . . . .	67
Kapitel 2. Die ersten Zeichen einer Schußverletzung . . . . .	77
A. Die von dem Gefäßsysteme abhängigen Symptome der Verwundung . . . . .	77
B. Die von dem Nervensystem abhängigen Symptome der Verwundung . . . . .	85
a) Der Schmerz . . . . .	85
b) Das Zusammenbrechen der Verwundeten . . . . .	89
c) Der Shock . . . . .	92
d) Die kataleptische Totenstarre . . . . .	94
Abchnitt 2. Die Pathologie und Therapie der Schußverletzungen.	
Kapitel 1. Die Verwundungen der verschiedenen Gewebe des menschlichen Körpers . . . . .	99
A. Die unkomplizierten Weichteilverletzungen . . . . .	99
1. Statistisches . . . . .	99
2. Die verschiedenen Arten der Schußverletzung . . . . .	100



	Seite
I. Die Verletzungen der Haut . . . . .	100
a) Die Schußkontusionen . . . . .	100
b) Die Streifschüsse . . . . .	103
c) Die penetrierenden Schüsse . . . . .	106
II. Die Schußverletzungen des Muskelsystems . . . . .	117
3. Der Verlauf der unkomplizierten Weichteilverletzungen . . . . .	124
4. Die Prognose der unkomplizierten Weichteilverletzungen . . . . .	132
5. Die Therapie der unkomplizierten Weichteilverletzungen . . . . .	134
B. Die Verletzungen der Gefäße . . . . .	140
1. Die verschiedenen Formen der Schußverletzung . . . . .	140
2. Symptome und Verlauf der Gefäßverletzungen . . . . .	144
3. Die traumatischen Aneurysmen . . . . .	147
C. Die Schußverletzungen des peripheren Nervensystems . . . . .	154
1. Die einzelnen Formen der Verletzung und ihre Symptome . . . . .	154
2. Der Verlauf u. die Prognose der Nervenschußverletzungen . . . . .	162
3. Die Therapie der Nervenverletzungen . . . . .	168
D. Die Schußverletzungen der Knochen und Gelenke . . . . .	170
1. Statistik . . . . .	170
2. Die Verletzungen der verschiedenen Knochenkategorien . . . . .	171
I. Die Verletzungen der Diaphysen der langen Röhrenknochen . . . . .	171
a) Die Verletzungen der Diaphysen ohne Aufhebung ihrer Kontinuität . . . . .	171
α) Die Quetschungen . . . . .	171
β) Die Fissuren in den Diaphysen . . . . .	174
γ) Die Rinnenschüsse der Diaphysen . . . . .	177
δ) Die Lochschüsse der Diaphysen . . . . .	182
b) Die Schußverletzungen der Diaphysen mit Aufhebung ihrer Kontinuität . . . . .	187
α) Die einzelnen Formen der Frakturen . . . . .	187
1. Die einfachen Formen der Frakturen ohne Splitterung . . . . .	187
2. Die Splitterfrakturen der Diaphysen . . . . .	194
β) Die Weichteilverletzung bei den Diaphysenschüssen . . . . .	221
γ) Die Symptome und Diagnostik der Diaphysenfrakturen . . . . .	228
δ) Der Verlauf und die Prognose der Diaphysenfrakturen . . . . .	231
ε) Die Behandlung der Diaphysenfrakturen . . . . .	240
II. Die Verletzungen der Epiphysen der langen Röhrenknochen und der Gelenke . . . . .	245
a) Die Knochenverletzung . . . . .	245
b) Die Verletzung des Gelenkapparates . . . . .	254
c) Die Symptome und der Verlauf der Gelenkschüsse . . . . .	257
d) Die Prognose und Therapie der Gelenkschüsse . . . . .	262
III. Die Schußverletzungen der Metaphysen der langen Röhrenknochen . . . . .	265
IV. Die Schußverletzungen der platten Knochen . . . . .	269



## Teil I.

# Die Kriegsfeuerwaffen und ihre Wirkung.

### Abschnitt 1.

## **Die modernen Kriegsfeuerwaffen, ihre Entwicklung und jetzige Konstruktion.**

Die Erfindung eines Treibmittels, welches durch die bei seiner Entzündung erfolgende Vergasung große Kraft zu entwickeln imstande ist, wird allgemein den Chinesen zugeschrieben. Die Verwertung dieser wichtigen Entdeckung aber ist ein Verdienst der Deutschen: ein Franziskanermönch, dessen Name nicht feststeht, in der Sage Berthold Schwarz genannt, soll in der Mitte des 13. Jahrhunderts, nachdem das Pulver der Chinesen in Europa Eingang gefunden hatte, das erste Feuerrohr konstruiert haben.

Die verschiedenen Arten der Feuerwaffen benennen wir nach ihrer Größe und nach der dadurch bedingten Anzahl der Bedienungleute:

Handfeuerwaffen, welche durch einen Mann bedient und transportiert werden,

Geschütze, welche zur Abgabe der Schüsse mehrere Leute erfordern und vermittels besonderer Transportmittel fortgeschafft werden müssen.

### Kapitel 1.

## **Die Handfeuerwaffen.**

### **A. Entwicklung und Konstruktion der Waffe.**

Bei den Handfeuerwaffen unterscheidet man Gewehre, Karabiner, welche zum leichteren Transportieren einen

kürzeren Lauf haben, sowie Revolver und Pistolen für einhändigen Anschlag.

Die ersten Handfeuerwaffen hatten einen geraden Schaft, auf welchem das zum Auffangen des Rückstosses mit einem Haken versehene Rohr auflag — Hakenbüchse. Die Zündung erfolgte unter Gebrauch einer Lunte vermittelt Zündkrautes oder Mehlpulvers, welches anfangs auf die in der Mitte, später an der rechten Seite angebrachte Pfanne gelegt wurde. Gegen Feuchtigkeit sollte ein Deckel die Höhlung schützen.

Die Geschosse wurden von vorne in den Lauf eingeführt — Vorderlader.

Da die Handhabung der Lunte mit der Hand erfolgen musste, konnte das Zielen nur sehr ungenau sein, und es folgten daher an den Schlössern und Zündvorrichtungen bald eine Reihe von Verbesserungen, die einerseits dem Schlosse selbst die Arbeit des Entzündens übertragen und gleichzeitig den vielen durch die Feuchtigkeit bedingten Versagungen vorbeugen sollten. Der Einführung des Hahns folgte die des Luntenschlosses und Luntenschnapphahnschlosses.

1520 kam in Spanien die Muskete auf, welche beim Schießen auf eine Gabel gelegt wurde und bald in allen Heeren Eingang fand. Die Anwendung einer brennenden Lunte zum Entzünden der Ladung wurde demnächst ersetzt durch das Radschloß und Steinschloß. Bei dem ersteren wurde der Funken erzeugt durch Reibung eines in Drehung gesetzten Rades an Schwefelkies, und bei dem Steinschloß schlug der Hahn mit einem Feuerstein gegen den Pfannen-deckel.

Die große Unsicherheit der Zündung reduzierte sich aber erst auf ein Minimum durch Einführung der Perkussionszündung, bei welcher ein wenig hygroskopisches Knallpräparat durch den Schlag eines Hahnes entzündet wurde.

Die Treffsicherheit der Waffen war bis dahin eine äußerst minderwertige, weil die Kugeln im Laufe zu viel Spielraum hatten und trotz guten Zielens infolgedessen sehr häufig das Ziel verfehlten. Man schnitt daher in den Lauf gewundene Züge ein, in die sich das Geschöß empresen sollte; durch die ihnen hierdurch erteilte Rotation wurde die Flugbahn eine weit regelmäßigere, und die Anwendung von Spitzkugeln ermöglicht, die den Luftwiderstand leichter zu überwinden vermochten. Das Aufheben des Spielraumes erreichte man



entweder dadurch, daß man die Kugeln mit dem Ladestock heftig auf einen am Boden der Seele befindlichen Dorn stauchte (Kompression) oder durch Verwendung hohler Geschosse, die unter Benutzung eines konischen Treibspiegels durch den Druck der Pulvergase fest in die Züge gepreßt wurden (Expansion).

Wenn auch hierdurch die ballistischen Leistungen ganz erheblich gebessert wurden, so ließ doch die Handhabung der Waffe noch vieles zu wünschen übrig; namentlich war das Laden im Knien und Liegen schwer. Ein großer Fortschritt wurde in Preußen Ende 1840 gemacht durch die Einführung eines Hinterladers, des Dreyeseschen Zündnadelgewehrs, das seine Ueberlegenheit 1866 auf das glänzendste bewies. Laden und Feuern war in allen Lagen des Schützen sehr einfach, wozu namentlich auch der Gebrauch der papiernen Einheitspatrone beitrug. Das Kaliber wurde von 18—17 mm auf 15 mm herabgesetzt (vom großen auf ein mittleres Kaliber).

Alle Staaten schritten nun zur Einführung von Hinterladern, zum Teil zunächst durch Umänderung der vorhandenen Vorderlader. Durch die Erfindung der metallenen Einheitspatrone war inzwischen der gasdichte Abschluß des Laufes nach hinten vollkommen gewährleistet.

Einen weiteren Fortschritt machten demnächst die Franzosen mit dem 11 mm-Chassepot-Gewehr. Die große Ueberlegenheit dieses Gewehres hat sich 1870/71, namentlich durch die großen Schußweiten, gezeigt.

Die Verkleinerung des Kalibers war eine Notwendigkeit, der sich die Staaten nicht verschließen konnten; man ging daher überall auf 11–10,5 mm herab. In Preußen entstand das Gewehr Mod. 71.

Die Steigerung der Feuergeschwindigkeit wurde bald noch weiter vermehrt durch die Konstruktion der Repetiergewehre, bei denen sich die Patronen entweder im Kolben, im Mittelschaft oder im Vorderschaft befanden. Die Anwendung des Prinzips der Selbstspannung am Verschlusse gestattete es, die Schüsse sehr schnell nacheinander abzufeuern.

In diese Epoche fallen in Deutschland Modell 71/84, in Oesterreich System Kropatschek, Schweiz Vetterli, England Henry Martini, Frankreich Gras-Gewehr, Rußland System Berdan.

Da das Nachfüllen der Magazine vielfach mit Schwierig-

keiten verbunden war, kam man zur Benutzung von anhängbaren Magazinen, die zuerst beim amerikanischen Lee- und demnächst auch bei dem österreichischen Mannlicher Gewehr angewandt wurden. Bei letzterem enthielt das Magazin 5 Patronen, die durch einen Blechrahmen mit einer Feder zusammengehalten bzw. hinter den Lauf gedrückt wurden. Dieses Prinzip des Mittelschaftmagazins wurde in der Folge als bestes anerkannt und allgemein eingeführt.

Die gesteigerte Feuergeschwindigkeit führte das Bedürfnis herbei, dem Soldaten entsprechend die Menge der mitzuführenden Munition zu vermehren, was nur durch weiteres Herabsetzen des Kalibers möglich war. Die Einführung des rauchschwachen Pulvers steigerte die Anfangsgeschwindigkeit so sehr, daß man durch Vergrößerung der Geschößlänge eine günstigere Querschnittbelastung<sup>1)</sup> erreichte, die ebenfalls für Verkleinerung des Projektil-Durchmessers sprach.

Man kam nunmehr auf 8—5,9 mm Kaliber (Kleinkaliber der Neuzeit).

Von einer weiteren Verringerung der Laufweite ist bis jetzt Abstand genommen, da die Erfahrungen am Lebenden bewiesen haben, daß Geschosse mit noch kleinerem Querschnitte trotz einer Verwundung lebenswichtiger Organe oft nicht mehr imstande sind, den Mann außer Gefecht zu setzen. Dagegen ist man — angeblich mit Erfolg — in Frankreich, sowie nach ausländischen Zeitschriften auch in Deutschland mit Versuchen beschäftigt, die Leistungen der 8 mm-Gewehre durch Herabsetzung des Geschößgewichtes, Steigerung der Anfangsgeschwindigkeit und Annahme einer sehr schlanken Spitzenform noch weiter zu heben. Man erzielt dadurch eine größere Rasanzenz der Flugbahn, wenigstens innerhalb der gewöhnlichen Feuerdistanzen.















Die Karabiner haben die gleiche Konstruktion: sie unterscheiden sich lediglich durch den kürzeren Lauf von den Gewehren und haben dementsprechend geringere Schußleistungen.

Nähere Angaben über die Bewaffnung der hauptsächlichsten Militärstaaten mit Gewehren älterer und neuester Konstruktion geben Tafel A und B.

1) Unter Querschnittsbelastung versteht man das Verhältnis des Gewichts zum Querschnitte des Geschosses.

Tabelle A.

## Angaben über die Handfeuerwaffen verschiedener Mächte 1841 -1886.

Staat	Bezeichnung des Gewehres	Jahr der Kon- struktion	Kaliber	Geschoss					
				Form ( $\frac{1}{5}$ Größe)	Länge (in Kalibern)	Gewicht (in g)	Anfangs- geschwin- digkeit	Quer- schnittbe- lastung	Rotationen
Preußen . . .	Zündnadelgewehr	1841	15,43		1,98	31	300	0,213	420
	Aptiertes Zünd- nadelgewehr	1860 1862 1865	15,43		2,05	21,5	300	0,186	480
Bayern . . . .	Werdergewehr	1869	11,0		2,1	22	412	0,231	782
		1875			2,6	25	432	0,255	
Sachsen . . . .	Chassepot-Kara- biner	1873	11,0		2,6	25	400	0,263	—
Deutschland .	Infanteriegewehr	1871	11,0		2,6	25	430	0,263	782
Frankreich . .	Aptiertes Chasse- potgewehr (Gras)	1866 1874	11,0		2,5	25	430	0,263	764
Oesterreich . .	Werndl-Gewehr	1873	11,0		2,3	24	438	0,26	595
Rußland . . . .	Berdan II - Gewehr	1872	10,66		2,5	24	436	0,27	732
Italien . . . . .	Vetterli-Gewehr	1870	10,4		2,4	20,4	430	0,235	—
England . . . .	Martini-Henry- Gewehr	1871	11,41 hinten 11,91		2,7	31,1	416	0,304	660
Dänemark . . .	Remington- Gewehr	1867	11,44		2,2	25	381	0,228	—
Schweiz . . . . .	Vetterli-(Repetier) Gewehr	1869	10,40		2,45	20,2	450	0,214	—
Vereinigte Staaten von Nordamerika	Springfield- Gewehr	1873	11,43		2,5	26,2	—	0,295	—

## Angaben über die kleinkalibrigen Gewehre der europäischen

(Nach Wille,

Staat	Bezeichnung des Geschosses	Kaliber	Gewicht in kg	Patrone	
				Länge in mm	Gewicht in g
Deutschland . . . . .	M. 88 und M. 98	7,9	3,8	82,5	27,3
Frankreich . . . . .	Lebel M. 86/93	8,0	4,18	75	29,0
Oesterreich-Ungarn . . . . .	Männlicher M. 88/90 u. M. 95	8,0	4,41 u. 3,57	76	28,5
Rußland . . . . .	Dreiliniengewehr M. 91	7,62	4,3	76	23,46
Italien . . . . .	Männlicher Carcano M. 91	6,5	3,78	76,6	22,5
England . . . . .	Le Metford-Enfield M. II.				
	89, 91 und 95	7,7	4,50	80,5	28
	M. 1903	7,71	3,75	78,0	27,5
Dänemark . . . . .	Krag-Jørgensen M. 89	8,0	4,3	76	30
Schweiz . . . . .	Schmidt M. 89 u. M. 89/96	7,5	4,3 resp. 4,2	77,5	27,5
Türkei . . . . .	Mauser M. 90	7,65	3,9	78	27
Spanien . . . . .	Mauser M. 93	7,0	3,9—4,0	78	24,6
Portugal . . . . .	Kropatschek M. 86	8,0	4,55	81,7	35,5
Niederlande . . . . .	Männlicher M. 93	6,5	4,1	77,6	22,45
Belgien . . . . .	Mauser M. 89	7,65	3,9	78	28,6
Norwegen . . . . .	Krag M. 94	6,5	4,0	80	23,6
Schweden . . . . .	Mauser M. 96	6,5	4,2	80	22,0
Rumänien . . . . .	Männlicher M. 93	6,5	3,95	77,9	22,74
Nordamerika(Landheer)	Krag-Jørgensen M. 92	7,62	3,97	78,6	26,9
(Marine) . . . . .	Lee M. 95	5,99	3,85	78,9	20,1
Japan . . . . .	M. 97	8,0	4,08	73,7	30,3
	Arisaka, Honjo, Murata				
	(Mauser)	6,5	3,9	77,5	22,4

Der Revolver stellt eine kurze, für den einhändigen Anschlag bestimmte Repetier-Handfeuerwaffe dar, bei welcher der Patronenvorrat — meist 6 Stück — sich in einer Trommel befindet, die beim Spannen des Hahnes um eine Achse gedreht und jedesmal dann festgestellt wird, wenn die Achse des Laderaums mit der Seelenachse zusammenfällt.

Dem Kaliber der deutschen Armeerevolver M. 79 und 83 von 10,6 mm entsprechen auch die Konstruktionen der anderen Staaten; nur die Schweiz und Rußland ist bis 7,6 bzw. 7,5 mm herabgegangen.

In neuester Zeit wird der Revolver durch die Selbstladepistolen verdrängt. Bei diesen wird der Gasdruck ausgenutzt zum Öffnen, Spannen, Laden und Schließen des

B.

## Staaten, Nordamerikas und Japans nach dem Stande von 1904.

Waffenlehre.)

## G e s c h o ß

Material	Länge		Gewicht in g	Quer- dicke	Anfangs- geschwindigkeit	Rotation
	in mm	in Lauf- weiten				
Hartblei m. Kupfer-Nickel platt. Stahlmantel	31,25	3,9	14,7	0,300	645	2660
Hartblei mit Kupfer-Nickelmantel	31	3,88	15,0	0,298	630	2627
Hartblei mit Stahlmantel	31,8	3,8	15,8	0,314	620	2480
Hartblei mit Kupfer-Nickelmantel	30,2	3,9	13,68	0,296	620	2580
Weichblei mit Kupfer-Nickelmantel	30,5	4,7	10,5	0,316	700	3500
Hartblei mit Kupfer-Nickelmantel	31,5	4,1	13,9	0,301	630	2475
Hartblei mit Kupfer-Nickelmantel	31,5	4,1	13,9	0,301	640	—
Hartblei mit Kupfer-Nickelmantel	30	3,7	15,43	0,292	620	2066
Hartblei mit Stahlkappe	31,7	4,2	13,7	0,309	600	2220
Weichblei mit Stahlmantel	30,8	4	13,8	0,300	652	2608
Hartblei mit nickelplattiertem Stahlmantel	30,8	4,4	11,2	0,291	720	3315
Hartblei mit Kupfer-Nickelmantel	32	4	16	0,318	532	1900
Hartblei mit nickelplattiertem Stahlmantel	31,4	4,8	10,5	0,305	730	3830
Weichblei mit Stahlmantel	30,2	3,9	14,2	0,307	610	2440
Hartblei mit Nickel-Stahlblech	31	4,77	10,1	0,304	730	—
Hartblei m. Nickel-Kupfer platt. Stahlblech	31	4,77	10,1	0,304	740	—
Hartblei mit Nickel plattiertem Stahlmantel	31,5	4,8	10,34	0,295	720	3600
Hartblei mit Stahlblechmantel	32	4,2	14,2	0,313	610	—
Hartblei mit Stahlblechmantel	26	4,34	7,2	0,256	777	—
Hartblei mit Kupfermantel	30,4	—	15,4	0,307	564	—
Hartblei mit Kupfernickel	32,55	5,0	10,5	0,316	735	—

Verschlusses. Hierdurch wird eine Feuergeschwindigkeit bis auf 100 Schuß in der Minute erreicht. Die Patronen werden in Ladestreifen von 6—10 Stück durch den Kolben oder Mittelschaft eingeführt. Bei der Mauserpistole kann noch ein langer Schaft zur Erleichterung des Zielens leicht angebracht werden.

In der Schweiz, Belgien und Bulgarien sind diese Waffen bereits eingeführt; auch in Deutschland ist man dazu entschlossen, die Offiziere und Unteroffiziere der Maschinengewehrabteilungen damit auszurüsten; ist jedoch über die Wahl des Modelles noch nicht schlüssig<sup>1)</sup>.

1) Die Wahl ist nunmehr auf die Parabellum-Pistole gefallen.





Behandlung reiner Baumwolle mit Salpetersäure und Schwefelsäure gewonnen wird, und dem Nitroglycerin, bei welchem Glycerin mit den genannten Säuren gemischt wird. Die Rasanzen dieser leicht explosiblen Stoffe wird durch Gelatinierung herabgesetzt; die Schnelligkeit der Entzündbarkeit wird durch die verschiedene Dicke und Größe der einzelnen Pulverarten geregelt; man hat Körner, Blätter und Würfel. Bei den Handfeuerwaffen wird das Pulver in Form kleiner Blättchen oder feiner Fäden angewendet. Durch Graphitieren verschwindet die hygroskopische Eigenschaft fast völlig.

Das Schwarzpulver wird nunmehr nur noch bei den Revolvern verwendet, bei denen der Bestand an alten Patronen aufgebraucht wird.

Zur Entzündung des rauchschwachen Pulvers genügen die schon lange verwendeten Präparate, deren Hauptbestandteil chlorsaures Kali oder Knallquecksilber ist. Sie wirken bei leichter durch Stoß oder Schlag erfolgender Entzündung explosionserregend auf das Pulver.

### C. Die Geschosse der Handfeuerwaffen.

Die ursprünglichste Form der Geschosse ist die Kugel, welche aus Weichblei gegossen und mittelst eines Ladestockes von vorn in den Lauf gestoßen wurde. Als man aber dazu gekommen war, den Spielraum der Geschosse im Laufe aufzuheben, ging man zur länglichen Gestalt über und machte das Projektil im Innern hohl. Die Pulvergase drückten nun das Geschloß fest in die Züge hinein, was noch besser erzielt wurde durch die Einführung eines konischen Treibspiegels, der durch die Gase in die Höhlung hineingestoßen wurde.

Die Verwendung des Weichbleies hatte große Nachteile, da dadurch einmal die Züge verbleit wurden, und zweitens die Geschosse schon im Laufe eine Gestaltveränderung erlitten, welche die Bahn des Fluges sehr ungünstig beeinflusste. Beim Auftreffen wurde die Deformierung noch größer und infolge dessen die Eindringungsfähigkeit des Projektils erheblich herabgemindert. Dagegen war das Blei wegen seines hohen spezifischen Gewichtes als Material besonders geeignet.

Auch die Einführung einer Legierung von Blei und

Antimon oder Zinn - Hartblei — war trotz seiner größeren Härte nicht imstande, die Formänderung wesentlich zu vermindern.

Die Gestalt der Geschosse wurde zur Erlangung einer größeren Querschnittsbelastung länger, und die Spitze paßte sich der Form an, die den leichtesten Luftabfluß gewährleistete. Von der eichelförmigen Spitze des Zündnadelgeschosses kam man zur zylindro-ogivalen Form der heutigen Projektil.

Den Uebelstand der leichten Deformierung hat man dadurch aufgehoben, daß man zur Erzielung genügender Schwere das Blei zwar als Kern beibehält, aber entweder die Spitze, oder, wie es meist der Fall ist, den ganzen Kern mit einem Mantel aus sehr festem und widerstandsfähigem Material umgibt, welches dabei imstande ist, sich in die Züge einzuschneiden und seiner Drehung zu folgen. Man nimmt hierzu Stahl, Nickelstahl oder Kupfer. Das Abstreifen des Mantels verhindert man entweder durch Einpressen des Bleis in den fertigen Mantel, dessen Rand überdies umgebörtelt wird, oder noch besser durch Auflöten des Mantels auf den Kern — Verband- oder Compound-Geschosse —.

Während ursprünglich Geschöß und Ladung, sowie Zündmittel von einander getrennt waren, vereinigte man später zuerst die beiden letzteren, bei dem Zündnadelgewehr sodann alle drei Teile in einer Papierhülse.

Diese „Papierpatrone“ enthielt einen Treibspiegel aus Pappe mit dem Geschosse. In der Mitte der Rückseite des Treibspiegels saß der Zündspiegel und hinter diesem dann die Ladung.

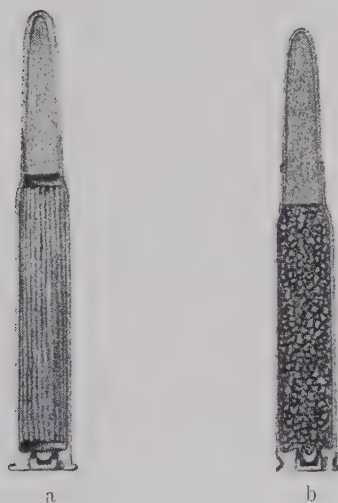
Später ging man zur Verwendung von Metallhülsen über. Die heutigen Patronen (Fig. 1) haben eine Messinghülse mit vorstehendem Rand oder ringförmiger Vertiefung, welche das leichte Herausziehen der Hülse gestattet. Im Boden befindet sich eine Vertiefung für die Zündkapsel, deren Feuerstrahl durch Zündlöcher in das Innere der Hülse geleitet wird.

Das moderne Gewehrgeschöß ist somit ein Mantelgeschöß, d. h. es besteht aus einem widerstandsfähigen Mantel und einem weichen Bleikern, welcher in den Mantel eingepreßt ist.

Das Kaliber des deutschen Geschosses, welches wir hier als Paradigma anführen wollen, beträgt 8.1 mm, das

des Laufes nur 7,9 mm, sodaß also das Projektil genötigt ist, sich in die Züge hineinzupressen. Innerhalb des Laufes, in dessen gezogenen Teil 4 sich etwa dreimal nach rechts um die Seelenachse windende Züge eingeschnitten sind, dreht sich das Geschöß mehr als dreimal um seine Längsachse. Somit erhält das Projektil eine Doppelbewegung, einmal geradeaus in der Richtung der Seelenachse, und zweitens eine rotierende um seine Längsachse. Das Projektil von

Fig. 1.



- a) Durchschnitt einer Lee-Enfield-Patrone (Corditfäden).  
b) Durchschnitt einer Mauser-Patrone (Blättchenpulver).

ogivaler Form wiegt 14,7 g, ist 31,25 mm lang und wird durch 2,75 g Spandauer Gewehrblättchenpulver in Bewegung gesetzt.

Die Anfangsgeschwindigkeit beträgt 640 m, die Gesamtschußweite reicht ungefähr bis 4000 m.

Ein Vergleich der Endgeschwindigkeiten und der Arbeitsleistung der deutschen, französischen und österreichischen Geschosse zeigt ihre annähernde Gleichwertigkeit nach dieser Richtung hin.

m	Endgeschwindigkeit in m			Arbeitsleistung in mkg		
	Deutsch- land	Oester- reich	Frank- reich	Deutsch- land	Oester- reich	Frank- reich
0	640	620	630	314	310	303
100	566,5	528	550	239	223	231
200	501,5	456	485	186	167	180
300	433,8	417	430	145	140	141,5
400	392,9	385	398	113	119,4	118
500	348,7	360	360	90	104,8	99,5
600	319,5	335	360	76	90,2	83,5
700	299,4	320	310	68	84,2	73,5
800	284,4	303	290	63	75	64,2
900	272,2	289	270	58	67,4	55,7
1000	260,9	275	255	53	61	49,7
1100	250,0	264	241	49	56,2	44,3
1200	239,5	254	238	45	52	43,2
1300	229,5	245	216	42	48,4	35,6
1400	219,9	235	208	38	44,3	32,9
1500	210,8	230	197	35	42,7	29,5
1600	202,0	224	188	32	40,3	27,1
1700	193,5	215	180	30	37,1	24,8
1800	185,4	210	173	27	35,5	22
1900	177,7	202	165	25	32,8	21,5
2000	170,3	197	158	23	31,3	19,1

Die Endgeschwindigkeit und die Arbeitsleistung dieser drei Waffen dürften tatsächlich noch weniger von einander verschieden sein, da in Betracht zu ziehen ist, daß vorstehende Werte nach verschiedenen Formeln in den verschiedenen Staaten ermittelt sind.

Die Scheitelhöhe der Flugbahnen beträgt bei einer Entfernung von

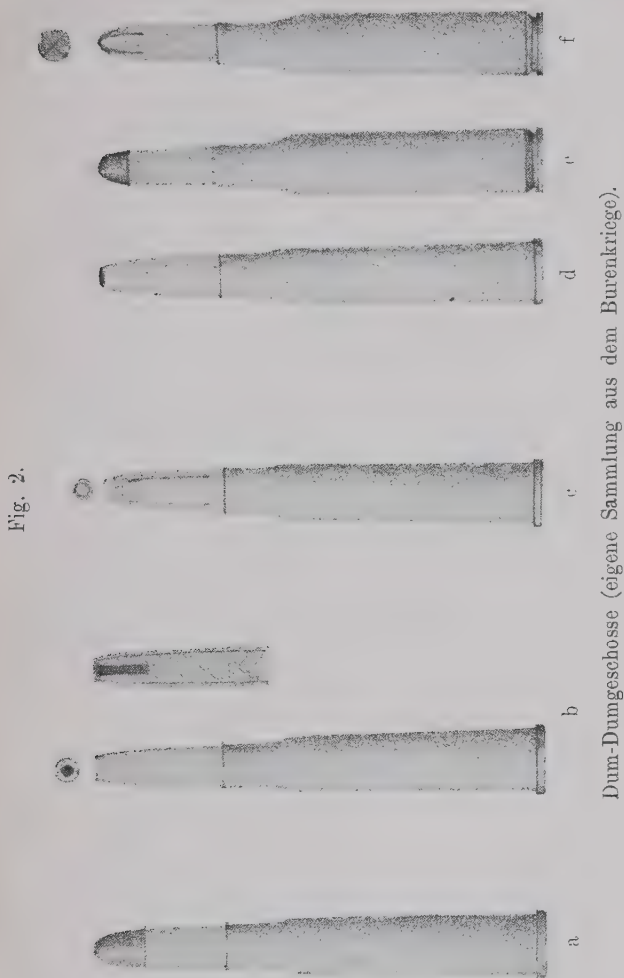
500 m	beim	Gewehr 88	1,5 m,	beim	franz. Gewehr	1,5 m,
800	..	..	88	5,4	..	..
1000	..	..	88	10,2	..	..
1500	..	..	88	32,0	..	..
2000	..	..	88	77,0	..	..

76,0 <sup>1)</sup>.

1) Ueber die Wirkung und kriegschirurgische Bedeutung der neuen Handfeuerwaffen. Herausgegeben von der Medizinalabteilung des Königlich Preussischen Kriegsministeriums. Berlin 1894.



Wie wir an anderer Stelle sehen werden, besitzen diese Vollmantelgeschosse zwar eine hohe Durchschlagskraft,



Dum-Dumgeschosse (eigene Sammlung aus dem Burenkriege).

a) Lee-Enfield, Teilmantelgeschoss (Soft nose). b) Lee-Enfield, Hohlspitzengeschoss M. IV.  
c) Lee-Enfield, Jeffreys sporting bullet. d) Jagdpatrone mit eingelassenem hohlen Kupferhütchen und freier Bleispitze. e) Mauser, Teilmantelgeschoss. f) Mauser, Jagdpatrone mit geschlitztem Mantel.

doch sind die durch sie hervorgebrachten Verwundungen infolge der geringen Seitenwirkung sehr häufig nicht ausreichend, den Kämpfer außer Gefecht zu setzen. Diesen Uebelstand haben die Engländer dadurch zu beseitigen gesucht, daß sie

das feste Gefüge des Mantels an einer Stelle unterbrechen (Teilmantelgeschosse). Nun stauchte sich beim Auftreffen auf den Widerstand der Kern: der Querschnitt des Projektils wurde somit vergrößert und verursachte eine erheblichere Verletzung. Es entstanden die Bleispitzen- (Dum-Dum-), Hohlspitzengeschosse und andere Modifikationen (Fig. 2).

Wenn auch diese Projektile streng genommen nicht zu den Explosionsgeschossen gehören, deren Anwendung durch die Petersburger internationale Konvention vom 28. Oktober 1868 verboten ist, so wurden sie doch in den letzten Kämpfen zivilisierter Nationen untereinander nicht gebraucht. Unter Umständen mag jedoch ihre Verwendung wilden Völkern gegenüber wohl zu rechtfertigen sein.

Abweichend von diesen Patronen für Gewehre und Karabiner kommt bei dem Revolver noch die alte Munition in Verwendung. Eine aus Messing gezogene, mit vorstehendem Bodenwulst versehene Hülse hat in der Bodenhöhle eine Kapsel, durch welche die aus altem Schwarzpulver bestehende Ladung entzündet wird. Unmittelbar auf das Treibmittel ist das nicht mit einem Mantel versehene Bleigeschoß aufgesetzt. Vor dem Gebrauche wird das Projektil außen mit einer Fettschicht überzogen.

Die Patrone des deutschen Armeerevolvers hat ein zylindro-ogivales Weichbleigeschoß von 1,08 cm Kaliber und 17 g Gewicht. Die Pulverladung ist 1,5 g gewöhnlichen Blättchenpulvers. Die Anfangsgeschwindigkeit beträgt 227 m<sup>1</sup>) für die Sekunde.

Die Geschosse der Selbstlade pistolen sind dieselben, wie bei den modernen Gewehren. Da man beim Gebrauche derselben den Zweck verfolgt, den Gegner möglichst im Feuer liegen zu sehen, so ist hierbei die Anwendung von Teilmantelgeschossen erwünscht.

Das Projektil der Mauser-Selbstlade pistole (Stahlmantel mit Hartbleikern)<sup>2)</sup>, welche bei den in Südafrika kämpfenden Offizieren der deutschen Armee vielfach in Gebrauch ist, hat ein Gewicht von 5,8 g, eine Länge von

1) Eichel, Ueber Schußverletzungen mit dem deutschen Armeerevolver 83. Langenbecks Archiv, Bd. 52, S. 121.

2) von Bruns, Ueber die Wirkung und kriegschirurgische Bedeutung der Selbstlade pistole (System Mauser). Beiträge zur klinischen Chirurgie, 1897, Bd. 19, S. 429.

13,8 mm und wird durch 0,5 g rauchschwachen Pulvers in Bewegung gesetzt. Die Anfangsgeschwindigkeit beträgt 425 m, die Endgeschwindigkeit bei 1000 m noch 115 m: ihre Tragfähigkeit reicht bis etwa 1600 m.

Die Geschößarbeit der Pistole an der Mündung entspricht ziemlich genau der des deutschen Ordonnanzgewehres auf 1000 m Entfernung, die auf 100 m der von Modell 88 auf 1600 m, die auf 200 m der des Gewehres auf 2000 m.

## Kapitel 2.

### Die Geschütze.

#### A. Ihre Entwicklung und heutige Konstruktion.

Geschütze und Handfeuerwaffen waren im Anfangsstadium ihrer Entwicklung wenig von einander zu unterscheiden, da das Kaliber der ersteren zu klein und das der letzteren sehr groß war. Die ältesten Geschütze waren aus Holz gefertigt, das innen mit Blech ausgeschlagen war. Es stellte sich bald heraus, daß man mit leichten Geschossen zu geringe Wirkung erzielte, und man begann daher mit der Konstruktion größerer Kaliber, der Mörser, vermittelt derer man große, schwere Steine in die Festungen schleuderte.

Die Verlängerung der Rohre, welche aus zusammengeschnittenen, mit eisernen Reifen umgebenen Eisenstäben bestanden, bildete demnächst den Uebergang zu den Kanonen, die schlankere Formen aufwiesen und häufig auch schon von hinten geladen wurden: als Material wurde bald der Bronze- und Eisen-Verbund verwendet.

Die Rohre ruhten auf ausgehöhlten Balken, denen man durch Unterlegen von Hölzern die erforderliche Neigung erteilte. Da hierdurch eine feldmäßige Verwendung der Geschütze fast unmöglich war, so entstanden bald die fahrbaren Lafetten, welche in besonderen Lagern die Geschützrohre sowohl beim Schießen, als auch beim Transport aufnahmen. Durch das Anbringen von zunächst vier, später nur zwei zylinderförmigen Ansätzen am Rohre - Schildzapfen - wurde das Richten der Geschütze außerordentlich

erleichtert. Der Schwanz der Lafette ruhte auf einer Karré-Protze.

Sehr mannigfach waren die verschiedenen Typen der Geschütze: in der Bezeichnung ihrer Art herrschte aber große Willkür; Büchsen, Quartanen, Kanonen, Haubitzen, Schlangen usw.

Ende des 16. Jahrhunderts brachte man in dies Wirrsal einige Ordnung: Kaliber, Länge und Metallstärke der Geschützrohre wurde nach bestimmten Regeln festgestellt, und das Kugengewicht bestimmte die Benennung des Kalibers. Es gab z. B. bei den Kartauen ganze, halbe, viertel und achte Kartauen mit Kugeln von 40, 20, 10 und 5 Pfund.

Als Material der Rohre wurde bald Gußeisen verwendet.

Das Streben nach möglichst beweglichen Geschützen, das namentlich im 30jährigen Krieg bemerkbar wurde, führte zur Konstruktion besonders leichter Kanonen. Friedrich der Große trennte Feld- und Festungsartillerie vollkommen von einander und wies jeder besondere Waffen zu. Die Benennung der bronzenen Geschütze erfolgte nach dem Gewichte der Geschosse: 3-, 6-, 12- und 24-Pfünder.

Der Drang nach Vereinfachung des Geschützmaterials, Erleichterung und zweckmäßiger Einrichtung beherrschte die folgenden Jahre.

Eine ganz wesentliche Verbesserung trat aber erst nach 1845 ein, als die schon früher erörterte Frage der gezogenen Rohre, die bereits in Schweden und Sardinien als Hinterlader konstruiert waren, eine brennende wurde. Der Spielraum der Eisenkugel wurde zur Erlangung der Führung durch einen Bleiüberzug beseitigt, oder man brachte an dem zylindronischen Geschoß Warzen an, welche der Drehung der Züge folgten. Auch durch Kompression oder Expansion wurde ähnlich wie bei den Gewehren die Führung versucht.

In Preußen wurden die nach dem Vorbild des schwedischen Barons Wabrendorff konstruierten gezogenen Hinterlader, bei denen die zur Verwendung gelangenden Langgeschosse die Seele geschickt abschlossen, 1859 eingeführt. Es waren stählerne 6-Pfünder, die durch einen in Richtung der Seelenachse eingeführten Kolben, durch Querzylinder verriegelt, hinten verschlossen wurden. Der Hinterlader hat 1870/71 die Feuerprobe glänzend bestanden.

Bei der späteren Konstruktion größerer gezogener Hinterlader stellte sich eine unerwartete Schwierigkeit in dem Verhalten des Pulvers heraus. Es war zunächst nicht möglich, die Rohre so widerstandsfähig zu machen, daß sie die Gasspannungen der vergrößerten Pulverladung aushalten konnten. Erst durch Anwendung der künstlichen Metallkonstruktion gelang es, ein bedeutend stärkeres Rohr herzustellen. Gußeisen wurde über einen hohlen Kern gegossen, durch den beständig kaltes Wasser zirkulierte. Durch dieses Verfahren wurden die inneren Schichten, die sich zuerst zusammenzogen, durch die äußeren später erkaltenden Teile sehr stark zusammengepreßt, und dadurch innen eine künstliche Spannung erzeugt, welche durch die Pulvergase zunächst überwunden werden mußte. Krupp zog bei seinen Kanonen über das Kernrohr warme Ringe und erreichte so dasselbe.

Durch Einführung der Broadwell-Liderung und des Rundkeilverschlusses war auch bei den schwersten Kalibern der gasdichte Abschluß des Hinterladers gewährleistet. Als Ladung wurde prismatisches Pulver angewandt. Später wurden durch die günstigeren Eigenschaften des rauchschwachen Pulvers die Fortschritte der Geschütztechnik wesentlich gefördert.

Die Einführung der Repetiergewehre zeitigte auch das Bedürfnis, Schnellfeuergeschütze zu konstruieren. Entgegen dem früheren Brauch, mehrere Rohre zu einem Geschütz zu vereinigen — Mitrailleusen, Revolverkanonen — kam man bald auf ein einziges Rohr zurück, bei dem das Schnellfeuer durch Reduzierung der erforderlichen Zeit für Laden, Richten, Abfeuern usw. erzielt wurde. Bei der Benutzung von Einheits-Metallpatronen ist namentlich das Laden und Abfeuern sehr einfach geworden, sodaß es möglich ist, mit einem 7,5 cm-Feldgeschütze 20—25 Schüsse in der Minute, aus einem 24 cm-Schiffgeschütze deren 2—3 abzugeben.

Eine noch höhere Feuergeschwindigkeit hat man durch die Konstruktion der automatischen Maschinenkanonen (Maxim) erreicht. Hier werden die Pulvergase nicht nur zur Vorwärtsbewegung der Geschosse verwendet, sondern auch zum Betriebe eines Mechanismus, welcher selbsttätig das Öffnen des Verschlusses, die Zuführung der Patronen, das Spannen, Laden, Schließen, Abfeuern und Ausstoßen der leeren Hülsen besorgt. Dadurch wird es möglich, bis gegen



600 Schuß in der Minute abzugeben. Einer zu großen Erhitzung wird durch einen mit Kühlwasser angefüllten Laufmantel vorgebeugt.

Unsere Marine führt 3,7 cm-Maschinenkanonen: die Engländer verwendeten dieselben auch im Landkriege. 8 mm-Maschinengewehre sind in fast jeder europäischen Armee in Gebrauch, namentlich für die Zwecke der Kolonialtruppen.

Nach der Art der Verwendung im Bewegungs- oder Stellungen-Kriege unterscheidet man heute Feld-, Festungs- und Belagerungs-Geschütze; nach dem Orte, wo sie zur Geltung kommen sollen, benennen wir sie Feld-, Gebirgs-, Küsten- und Schiffs-Geschütze, wobei es nicht ausgeschlossen ist, daß manche Geschütze gleichzeitig mehreren Zwecken dienen können.

Nach der Gestalt der Flugbahn, die abhängig ist von der Rohrlänge, spezifiziert man folgendermaßen:

Lange Kanonen haben eine gestreckte Flugbahn und sehr große Schußweiten, Kanonen haben bei etwas kürzeren Rohren ebenfalls gestreckte Bahn und mittlere Schußweiten;

Haubitzen schießen mit ihren kürzeren Rohren einen steilen Schuß auf mittlere Entfernungen;

Mörser haben sehr kurze Rohre, bei denen oft das Geschöß bis zur Mündung reicht; sie haben sehr steile Flugbahnen und sind namentlich für den indirekten Breschenschuß bestimmt;

kurze Kanonen endlich bilden das Bindeglied zwischen Kanonen und Haubitzen: diese Art wird aber jetzt meist als unnötig abgeschafft.

Bei den Festungs-, Küsten- und Schiffs-Geschützen hat man zum Teil zum Schutze der Bedienung gegen Shrapnelkugeln und Gewehrfeuer Panzer angebracht, auf deren Konstruktion einzugehen, hier zu weit führen würde.

In Deutschland ist zur Zeit folgendes Artillerie-Material eingeführt:

A. Für die Feldartillerie:

1. Die Feldkanone 1896 (Kal. 7,7 cm), welche zu Rohrrücklaufgeschützen mit Schildern umgewandelt werden.
2. Die leichte Feldhaubitze (Kal. 10,5) 1898.

B. Für die schwere Artillerie des Feldheeres:

1. Schwere Feldhaubitze (Kal. 14,97 cm).
2. 21 cm-Mörser (Kal. 20,93).

## C. Für die Belagerungsartillerie:

1. 5 cm-Kanone mit einer Seelenweite von 5,30 cm.
2. Schwere 12 cm-Kanone (Kal. 12,03 cm).
3. Lange 15 cm-Kanone (Kal. 14,97 cm).
4. Schwere Feldhaubitze.
5. 21 cm-Bronzemörser.

## D. Für die Schiffsartillerie:

1. Geschützkaliber von 0,8—8,8 cm, sogen. leichte Artillerie.
2. Geschützkaliber von 10,5—17,5 cm, sogen. Mittelartillerie.
3. Geschützkaliber von 21,0—30,5 cm, sogen. schwere Artillerie.<sup>1)</sup>

Die neuesten Linienschiffe der Marine führen als schwere Artillerie 28 cm-Schnellladekanonen L/40, als Mittelartillerie 17 cm-Schnellladekanonen L/40: die nächstälteren haben 24 cm L/40 und 15 cm L/40.

Die Panzerkreuzer haben 24 cm-Schnellladekanonen L/40 und 15 cm L/40.<sup>2)</sup>

Die folgende Tabelle ergibt die gebräuchlichsten Geschütze der Feldartillerie der Großmächte. (Tafel C.)

**B. Die Treibmittel bei den Geschützen.**

Ihrem Material nach sind naturgemäß die Treibmittel dieselben wie bei den Handfeuerwaffen, sie unterscheiden sich aber wesentlich von diesen durch ihre Größe und Dichtigkeit. Das ursprünglich benutzte Pulver in Mehlform wurde bald von gröberen und feineren Körnern verdrängt. Je feiner und weniger dicht die Masse ist, desto schneller entzündet sie sich, und desto früher ist die Verbrennung beendet. Da aber die schweren Projektile der Geschütze ihrer Fortbewegung einen größeren Widerstand entgegensetzen, als die leichten der Gewehre, so ist auch das feine Pulver eher vollkommen in gasförmigen Zustand übergegangen, als das Geschoß das Rohr verlassen hat. Die höchste Gasspannung tritt also früher ein, als man zweckmäßiger Weise beabsichtigt, und die Beanspruchung des Rohrmaterials ist daher weit größer, als in dem Falle, wenn die höchste Gasspannung

1) Schjerning, Thöle, Voss, Die Schußverletzungen, S. 116.

2) v. Loebells Jahresberichte, 1903, S. 460.

## Die Feldgeschütze der

Gegenstand		Deutschland		Frankreich <sup>2)</sup>											
		Feldkanone 96 1)	Leichte Feldhaubitze 98	75 mm Feldkanone M. 97	105 mm Feldhaubitze	15 cm Feldhaubitze									
Rohr	{	Länge . . . . .	2,1 m	1,35 m	31,3 Kaliber	12 Kal.	12 Kal.								
		Gewicht . . . . .	390 kg	490 kg	365 kg	380 kg	750 kg								
		Seelenweite . . . . .	7,7 cm	10,5 cm	7,5 mm	10,5 cm	15,5 cm								
Munition	Shrapnel	{	Einrichtung . . . . .	Bodenkammer-Shrapnel	desgl.	Bodenkammer-Shrapnel	—	—							
									Füllkugeln {	Durchm. ein. Kugel	12,3 mm	desgl.	—	—	—
										Gewicht in gr . . . .	10	10	10	—	—
										Metall . . . . .	Hartblei	Hartblei	Hartblei	—	—
										Zahl . . . . .	300	500	300	—	—
	Granate	{	Einrichtung . . . . .	Einwandiges Stahlgeschöß	desgl.	Einwandiges Stahlgeschöß	—	—							
			Gewicht . . . . .	6,8 kg	16	6,5	—	—							
			Länge mit Zünder . .	3,8 Seelenweiten	2,8	—	—	—							
	Anfangsgeschwindigkeit . m		465	—	550	300	260								
	Lebendige Kraft an der Mündung . . . . . mt		75,568	—	100,5	74	138								
	Größte Schußweite	{	a) Brennzünder . . .	5000	5600	5800	6500	5500							
			b) Aufschlagzünder	8000	8000	9000	—	—							

erst mit dem Augenblicke vorhanden ist, in welchem das Geschöß die Mündung verläßt. Da nun Körner von größerem Umfange und bedeutender Dichtung langsamer verbrennen, so hat man in der Kerngröße und Dichte ein Mittel, bei den Geschützen, welche schwerere Geschosse verfeuern, die Gasspannung nach Belieben zu regeln. Die Konstruktion der großen gezogenen Hinterlader war trotz Einführung der künstlichen Metallkonstruktion erst möglich, als das pris-

1) Im Truppenversuch die zum Rohrrücklauf umgeänderte Feldkanone 1896.

2) Nach Witte, Fortschritte und Veränderungen im Gebiete des Waffenwesens. Nachtrag 1903. Die verschiedenen Angaben variieren sehr stark.

C.

## Großmächte (Jahr 1904).

Großbritannien <sup>1)</sup>			Italien		Japan	Oesterreich-Ungarn <sup>3)</sup>	
15 Pfünder C. 84/95	12 Pfünder C. 84/95	5 zöllige Haubitze C. 96	Schnell- feuer- kanone 75 A C. 1900	9 cm Kanone <sup>2)</sup> C. 80/98	Feldgesch. M. 1898 (System Arisaka)	9 cm Feld- geschütz C. 75/90	9 cm Feld- geschütz C. 75/90
30,8 K. 21,9 K. 355 kg 324 kg 7,62 7,62		9,8 Kaliber 489 kg 12,7 cm	30 Kaliber 333 kg 7,5 cm	2,05 m 470 kg 8,70	2,2 m 316 kg 7,5	2,06 m 487 415 8,70	
Stählernes Boden- kammer-Schrapnel	—	—	Bodenkammer- Schrapnel	desgl.	Hülsen- Schrapnel	C. 96/96 a u. C. 91/96 Gusseis. Bodenk.-Schrapnel	
—	—	—	11,9 u. 12,3	—	12,5	13mm (C. 96/96 a : 13	
Hartbl. desgl.	13	28,5 u. 9 g Hartblei	10 u. 11 Hartblei	13 Hartblei	10,7 Hartblei	— (C. 91/96 10	
200	162	288 + 84	180 + 140	176	234	C. 96/96 a 250 C. 91/96 152	
Einwandiges Stahlgeschöß	—	desgl.	desgl.	—	Stahlge- schöß	—	
6,34	5,67	22,73 u. 22,65	6,05	—	6,1	—	
—	—	3,1 und 3,7 Seelenweiten	300 mm	—	4,47 See- lenweite	—	
480	473	239 u. 123	c. 480	448	457	440	Shrapnel C. 96/96 a 440
74,88	64,88	66,08	78	71,45	—	65,824	Shrapnel C. 96/96 a 65,824
3660	3380	3100	5500	4200	—	5000	Schritt (Schrapnel)
c. 5300	c. 5000	c. 4500	7000	5300	—	—	C. 96/96 a

matische Pulver von Rodmann zur Anwendung gelangte, das 25 mm Höhe und 40 mm Durchmesser hatte.

Feinere Körner haben eine sehr unregelmäßige Gestalt, größere regelmäßige Formen von Zylindern, Prismen usw., die zum Teil mit Löchern versehen sind, um die Entzündung lebhafter zu gestalten.

1) In Umbewaffnung. 18 Batterien mit 7,62 cm-Schnellfeuerkanonen, System Erhardt, ausgerüstet.

2) Bis jetzt noch bei den schweren Batterien in Gebrauch; wird aber später durch ein Rohrrücklaufgeschütz ersetzt werden.

3) Führt wahrscheinlich ein 7,65 cm-Schnellfeuergeschütz ein. Eine 10 cm-Feldhaubitze C. 99 an die Batterien 3 u. 4 der Korpsartillerie ausgegeben worden (Militär-Ztg. 1904).

Tabelle C. (Fortsetzung).

## Die Feldgeschütze der Großmächte (Jahr 1904).

Gegenstand		Rußland					Ver. St. v. Nordamer.	
		Feldgeschütz <sup>1)</sup> M. 1900	Leichte Feldkanone M. 95	Kavalleriegeschütz M. 95	Feldmörser C. 86	Feldgesch. M. 1902		
Munition	Rohr {	Länge . . . . .	—	2,078 m	1,7 m	1,276	2,23 m	
		Gewicht . . . . .	393 kg	447	328	469	377,5	
		Seelenweite . . . . .	7,62	8,69	8,69	15,26	7,62 mm	
	Shrapnel {	Einrichtung . . . . .	Bodenkammer-Shrapnel	desgl.	desgl.	desgl.	desgl.	
		Füllkugeln {	Durchm. ein. Kugel	11,7 mm	12,7	12,7	—	—
			Gewicht in gr . . .	10,66	10,33	10,33	21,3	11
			Metall . . . . .	Hartblei	desgl.	desgl.	desgl.	desgl.
		Zahl . . . . .	260	210	210	683	288	
	Granate {	Einrichtung . . . . .	Keine Granaten	Stahlgeschöß		—	—	
		Gewicht . . . . .	—	6,9 kg	6,9	26	—	
		Länge mit Zünder . .	—	—	—	49,6 cm	—	
Anfangsgeschwindigkeit . m		588	445 (430)	412	230 (225)	518		
Lebendige Kraft an der Mündung . . . . . mt		118,7	63,884	55,506	—	92,1		
Größte Schußweite {	a) Brennzünder . .	4300 m	3400	3400	—	6900		
	b) Aufschlagzünder	5300 m	6400	6400	3400	5715		

Die rauchschwachen Pulversorten haben die Form von kleineren oder größeren Blättchen und Würfeln, welche durch Polierung und Graphitierung gegen Feuchtigkeit unempfindlich gemacht sind.

Während ursprünglich das Treibmittel lose ins Rohr geschüttet wurde, schritt man später zur Verwendung von besonderen, aus Rohseide gefertigten Beuteln, die entweder das Pulver in einem Stück enthielten oder von denen eine Anzahl in einem Netz zusammengebunden wurden — Kartuschen und Netzkartuschen.

Die Entwicklung der Ladung erfolgte lange Zeit nur

1) Wird wahrscheinlich durch ein Geschütz M. 1902 ersetzt werden.



durch die brennende Lunte, und erst Ende des 18. Jahrhunderts kam man zur Verwendung der explosiven Präparate, die durch leichten Stoß oder Reibung zum Anbrennen gelangen und in Schlagröhren und Friktionsrundschauben eingeschlossen werden.

Bei der Ladung in den Metallpatronen haben dieselben Verhältnisse, wie bei den Gewehren, statt.

### C. Die Geschosse der Artillerie.

Die ersten Kanonen wurden mit Blei geladen, dem bei Vergrößerung der Kaliber Steine als Wurfgeschosse folgten. In einer späteren Periode finden wir beide Arten gleichzeitig angewandt; die geschmiedete oder gegossene Kugel war neben der Steinkugel überall zu finden. Dann folgten Ketten- und Stangenkugeln, sowie Brandgeschosse, die aus glühenden Kugeln bestanden, welche mit nassem Vorschlag geladen wurden.

In der vereinzelt auftauchenden Hagelbüchse hat man den Anfang zu den Kartätschen zu sehen. Später wurde die Kartätschladung in hölzerne Kugeln eingeschlossen.

Es entwickelten sich dann allmählich die eisernen Hohlgeschosse, welche mit Kugeln gefüllt und mit Sprengladung versehen wurden. Diese Art der Geschosse wurde demnächst nach dem General „Shrapnel“ benannt. Nach dem 30jährigen Krieg wurde die Granate weiter ausgebildet. Die Entzündung der Ladung erfolgte durch einen mit Pulversatz gefüllten Säulenzünder, von dem je nach der Zeit, zu welcher man das Krepieren der Granate wünschte, ein längeres oder kürzeres Stück abgeschnitten wurde.

Eine wesentliche Veränderung erlitt die Form der Projektile, als man sich mit der Konstruktion der gezogenen Geschütze abgab. Die langen Geschosse bekamen einen Bleimantel, der den Spielraum im Rohre aufheben sollte, oder man versah sie mit Warzenteiletten, welche die Führung in den Zügen übernehmen sollten. Am zweckmäßigsten war die Anordnung von Ringen und Bändern, während die Anbringung von Weich- oder auch Hartbleimänteln wesentliche Nachteile hatte.

Um die Geschosse nicht durch die Anbringung von Rillen für Führungs- oder Zentrierungsbänder zu schwächen, hat man in neuester Zeit nur wulstartige Verstärkungen — Zentrierungswülste —, die einen etwas größeren Durchmesser als

die Seele, von Zug zu Zug gemessen, haben. Dadurch erfolgt ein vollkommen gasdichter Abschluß des Rohres durch das Geschöß, welches mit Gewalt in die Züge hineingepreßt wird.

Auch die Konstruktionen der Zünder wurden im Laufe der Jahre wesentlich verbessert. Aus den hölzernen Säulenzündern, die einmal keine genauere Einstellung zuließen und dann auch infolge leichten Feuchtwerdens sehr unregelmäßig brannten, entwickelten sich die metallenen Aufschlag- und Brennzünder. Bei den ersteren wird durch den Stoß, welchen das Geschöß beim Aufprall auf die Erde erleidet, eine lose Nadel, die ihre Vorwärtsbewegung nach dem Prinzip der Trägheit beibehält, auf den Perkussionssatz geschleudert und durch dessen Explosion die Geschößladung direkt oder der Zündsatz zum Brennen gebracht. Das Kriechen des Geschosses erfolgt entweder unmittelbar nach seiner Berührung mit dem Erdboden, oder, wenn erst noch ein sogenannter Verzögerungssatz abbrennen muß, nach vollkommen erfolgtem Eindringen in die Erde. Das vorzeitige Funktionieren wird verhindert durch besondere Sicherheitsvorrichtungen, die erst durch den Stoß des Geschosses im Rohr oder am Ziele unwirksam gemacht werden.

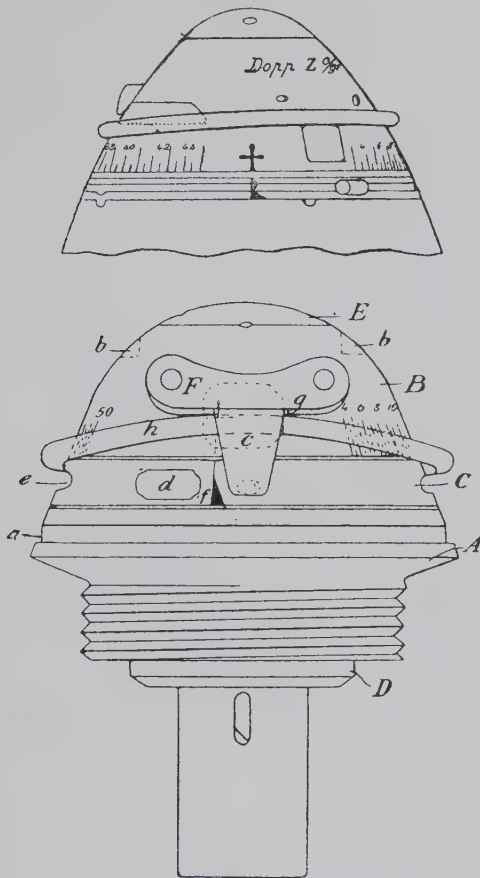
Der Shrapnel-, Zeit- oder Brennzünder soll es ermöglichen, das Projektil an irgend einem beliebigen Punkte seiner Flugbahn vor dem Aufprall auf dem Boden zum Kriechen zu bringen. Dies wird dadurch erreicht, daß man die Zündpille durch die lose Nadel, welche nach dem Beginn der Bewegung der ganzen Masse im Rohre nach dem Trägheitsgesetze in ihrer Ruhe verharren will, nach rückwärts anstecken läßt. Hierdurch wird ein Zündsatz, dessen Brenndauer sich einstellen läßt, zur Entzündung gebracht. Erst nach dem Abbrennen der eingestellten Menge kann das Geschöß kriechen.

Bei dieser Art wird die Sicherung meist durch einen Vorstecker erreicht, welcher die Nadel festhält und kurz vor dem Einsetzen des Projektils durch die Bedienungsmannschaft entfernt wird.

Eine Vereinigung dieser beiden Arten ist der Doppelzünder, der sich auf Zeit oder für Aufschlag (Fig. 3) stellen läßt. Er hat den großen Vorteil, daß man beim Feuern mit Shrapnels sich mit derselben Munition einschießen kann, und daß beim Versagen des Brennzünders immer noch der Aufschlagzünder zur Funktion kommen kann.

Die Geschosse selbst sind heute sehr vereinfacht, man unterscheidet Granaten, Shrapnels und Kartätschen, welch letztere sich aber nur noch vereinzelt finden.

Fig. 3.



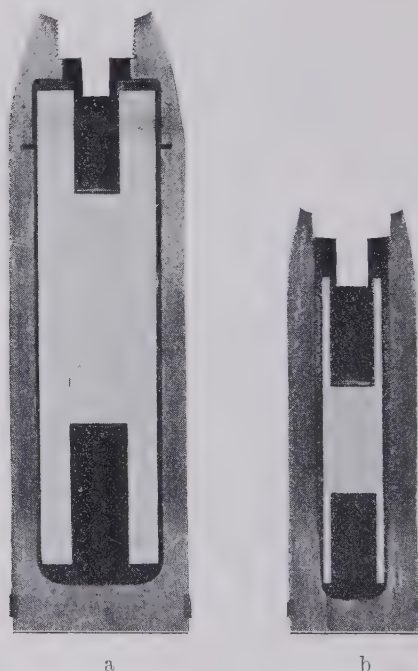
Doppelzünder 96 für das Feldshrapnel 96 und die Feldgranate.  
(Nach Wille, Waffenlehre, II, S. 377.)

A. Zünderteller, B. oberes Satzstück, C. unteres Satzstück, D. Verschlußschraube,  
F. Vorstecker.

Granaten (Fig. 4) sind Hohlgeschosse mit erheblicher Wandstärke und großer brisanter Sprengladung: ihre Ver-

wendung richtet sich hauptsächlich gegen tote Ziele. Ihre Wirkung erreichen sie namentlich durch die Durchschlagskraft ihrer Sprengstücke, häufig aber auch durch die des Vollgeschosses, wenn es darauf ankommt, zuerst Panzerplatten oder starke Eindeckungen zu durchschlagen. Ist das letztere beabsichtigt, so wird durch Einfügen des schon er-

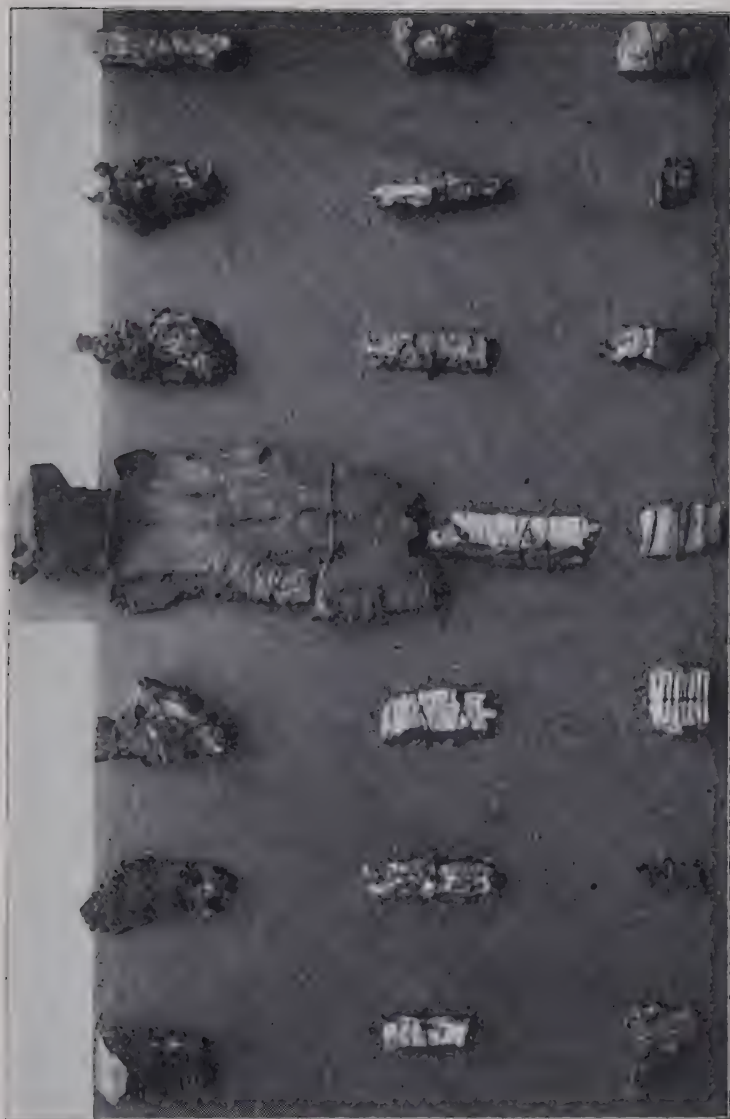
Fig. 4.



Durchschnitt durch eine deutsche Feldhaubitzz- (a) und Feldgranate (b).

wählten Verzögerungssatzes das Krepieren erst nach völligem Eindringen in das Ziel hervorgerufen. Meist sind auch die Granaten speziell für diesen Zweck konstruiert, wie z. B. die Langgranaten, die länger sind und eine weit größere Sprengladung in sich bergen, sodaß sie nach erfolgtem Eindringen noch minenartig wirken können.

Bei der Deutschen Feldartillerie sind die Feldgranate 96 und die Feldhaubitzzgranate 98 in Gebrauch.



Springer-Kanonen-Munition: Feldgeschosse und Feldhaubitzen.



Erstere besteht aus Stahlkern mit Kupferring. Das Gewicht des leeren Geschosses beträgt 6,08 kg, seine Wandstärke 16 mm: es liefert 135 wirksame Sprengstücke.

Die ungefüllte Feldhaubitgranate ist 12,72 kg schwer, hat eine Wandstärke von 14,4 mm. Sie zerfällt nach dem Krepieren in etwa 300 Splitter.

Die Sprengstücke (Fig. 5) haben eine unregelmäßige Form und meist sehr scharfe Ränder: ihre Größe und ihr Gewicht wechselt sehr. Die meisten wiegen unter 10 g, manche noch unter 1 g, die größeren bis zu 100 g. Ueber 200 g schwer sind nur zusammenhängende Teile des Ringes, des Zünders, pp.

Der wesentliche Unterschied des in der Luft krepierenden Shrapnels (Fig. 6) hiervon liegt in seiner Füllung mit 10—20 g schweren, zumeist aus Hartblei gegossenen 150—2950<sup>1)</sup> Kugeln. Die Wandung des Geschosses ist, um Platz hierfür zu gewinnen, nur gerade so stark, daß ein Zerdrücken des Projektils im Rohre nicht eintreten kann. Zur Festlagerung der Masse im Innern wird Schwefel, Kolophonium u. a. m. hineingegossen, Materialien, die gleichzeitig durch ihre Rauchentwicklung die Beobachtung des Schusses ermöglichen.

Je nach dem Orte, an welchen sich die Sprengladung befindet, unterscheidet man:

1. Vorderkammer-Shrapnels, bei denen die Ladung in der Geschößspitze liegt,
2. Mittelkammer- (Röhren-) Shrapnels, welche dieselbe in der Mitte — axial — tragen,
3. Bodenkammer-Shrapnels, bei denen der Sprengstoff sich im hintersten Teile des Geschosses befindet.

Die letzteren haben den Vorteil, daß ihren Kugeln eine beträchtliche Beschleunigung nach vorn zu erteilt wird; sie sind daher in fast allen europäischen Armeen eingeführt. Zu ihnen gehört denn auch das deutsche Feldshrapnel 1896, sowie das Feldhaubitshrapnel 1898. Ersteres ist mit 300, je 10 g wiegenden Hartbleikugeln gefüllt, letzteres mit 500 von demselben Gewichte.

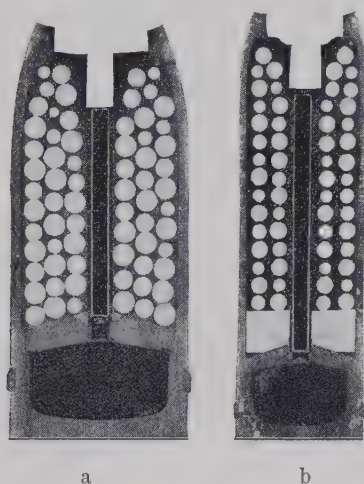
Die Sprengstücke, in welche das Geschöß nach dem Krepieren zerfällt, spielen wegen ihrer kleinen Anzahl nur eine

1) 28 cm-Shrapnel der Schiffsartillerie.

untergeordnete Rolle, wenn sie auch wegen ihrer Größe oft sehr schwere Verwundungen hervorzurufen instande sind. Den wichtigsten Bestandteil des Projektils, welches hauptsächlich auf lebende, ungedeckte Ziele einzuwirken bestimmt ist, bilden daher die Kugeln.

Die Geschwindigkeit derselben ist während des Kriperens die nämliche, wie die des Geschosses (bei 2000 m Distanz der Feldkanone 96 ca. 312 mV.); hierzu kommt

Fig. 6.



Durchschnitt durch das Shrapnel der deutschen Feldhaubitze (a) und Feldkanone (b).

noch bei den Bodenkammershrapnels ein Zuwachs von durchschnittlich 40—80, selbst 100 m pro Sekunde. Da jedoch im Momente des Berstens der äußeren Hülle beim Herausschleudern des Inhaltes eine Karambolage der Kugeln untereinander unausbleiblich ist, so resultiert daraus ein Verlust an Geschwindigkeit, unter Umständen allerdings auch Zuwachs derselben.

Infolge des Zusammenstoßes der Kugeln nach dem Kriperen des Projektils gestaltet sich ihre Flugbahn sehr verschieden. Man hat dieselbe wohl ganz zweckmäßig mit den

Wasserstrahlen einer rotierenden Brause verglichen: doch gehen hierbei die Strahlen regelmäßig, während im Streukegel eines Shrapnells die Flugbahnen unregelmäßig sind und sich vielfach kreuzen. Je weiter vom Sprengpunkte entfernt, desto größer wird der Durchmesser des Streukegels, desto geringer jedoch die Geschwindigkeit der einzelnen Kugeln. Die Wirkung derselben hängt daher hauptsächlich von der Lage des Sprengpunktes zum Ziele ab.

Kartätschen endlich sind Blechzylinder, die in ihrem Inneren eine Anzahl Kugeln enthalten. Der Blechzylinder wird in dem Rohre zerrissen, und die Kugeln zerstreuen sich vor der Mündung in einen Kegel nach vorn. Durch die auf Null gestellten Shrapnells werden dieselben in neuerer Zeit meist ersetzt.

## Abschnitt 2.

# Die Wirkung der Kriegsfeuerwaffen.

---

### Kapitel 1.

## Das Projektil und seine Veränderungen nach dem Abfeuern.

### A. Die Erhitzung und Deformation der Geschosse.

Ebenso wie das Geschöß auf das Ziel, so muß auch umgekehrt das Ziel auf das Geschöß wirken. Je größer die lebendige Kraft des letzteren, je bedeutender der Widerstand des ersteren, desto erheblicher müssen die Veränderungen ausfallen, welche in dem Projektil beim Auftreffen und Durchsetzen des Körpers vor sich gehen.

Sie können unter zwei Formen zur Beobachtung kommen:

1. der Erhitzung,
2. der Deformation des Geschosses.

Während nun die zweite Form, die Gestaltveränderung der Kugeln infolge ihrer anfänglich sehr geringen Geschwindigkeit noch lange Zeit nach Einführung der ersten Feuerwaffen unbekannt blieb, war von einer Erhitzung des Projektils nach dem Schusse sehr bald die Rede. So hatten die Aerzte des 15. und 16. Jahrhunderts allgemein die Anschauung, daß die Schußwunden durch die Kugeln verbrannt seien. Wenn auch diese Ansicht durch Maggi und Ambroise Paré widerlegt wurde, so hat man sich doch zu allen Zeiten leicht von der Tatsache überzeugen können, daß das Geschöß durch das Abfeuern und Auftreffen auf einen Körper eine Erhöhung seiner Temperatur erfährt.

Diese Erhitzung kann auf mehrfache Weise hervorgerufen sein, einmal durch die Berührung mit den glühenden Pulvergasen. Obschon dieselben nun im Momente der

Explosion eine Temperatur von ca.  $2400^{\circ}\text{C}$ .<sup>1)</sup> besitzen, so ist doch die Zeit ihrer Einwirkung zu kurz, um irgend einen erheblichen Einfluß auszuüben. Ebenso ist es mit der Reibung an den Seelenwänden. Bedenkt man, daß das deutsche 8,1 mm-Geschoß den Lauf schon nach Ablauf von  $\frac{1}{1000}$  Sekunde verlassen hat, so versteht man, daß es nach den Versuchen der M.-A. hierdurch keine Erhöhung seiner Temperatur über  $65\text{--}70^{\circ}\text{C}$ . erhalten kann. Etwas anderes ist es beim Salvenfeuer; hierdurch kann eine solche Erhitzung des Gewehrs entstehen, daß der Kern des gewöhnlichen Mantelgeschosses zu schmelzen beginnt. Dies Ereignis tritt bei einer Temperatur von  $334^{\circ}$  ein, wenn in  $\frac{1}{2}$  Minute ungefähr 100 Schuß aus M. 88 abgefeuert werden.

Ob das Projektil während seines Fluges durch die Luft infolge des Widerstandes derselben ebenso viel oder mehr Wärme empfängt, als es abgibt, ist eine offene Frage. Wir wissen es nicht.

Die hauptsächlichste Quelle für die Erhöhung der Temperatur des Geschosses ist zweifellos sein Auftreffen auf das Ziel und die plötzliche Hemmung seiner Bewegung. Die höchste Wärmeentwicklung wird eintreten, wenn der beschossene Körper und das Projektil so stark sind, daß beide unversehrt bleiben. Hierdurch kann selbst Stahl zum Schmelzen gebracht werden, wie Schießversuche auf Panzerplatten bewiesen. Nur eine ganz minimale Erwärmung wird dagegen stattfinden, wenn entweder das Ziel nur sehr schwach oder das Geschoß so weich ist, dass es an jedem festeren Widerstande deformiert wird.

Die Höhe der Temperatur, welche die Kugeln beim Auftreffen und Passieren des menschlichen Körpers annehmen, ist früher meist überschätzt worden. Durch die genauen Versuche v. Becks, Regers, Kikuzis u. a. wurde festgestellt, daß die Erhitzung des Bleies niemals so weit geht, daß sie zur Schmelzung führt. Um diese Frage für das moderne Gewehrprojektil zu lösen, benutzte die Preußische Medizinal-Abteilung Mantelgeschosse, deren Kern aus Legierungen verschiedener Schmelzpunkte bestand.

Durch zahlreiche Experimente wurde nun nachgewiesen:

1. Daß beim Durchschlagen menschlicher oder tierischer Körperteile das Geschoß nur ausnahmsweise eine Temperatur

---

1) M.-A. S. 108.



erreicht, welche  $95^{\circ}$  übersteigt. In der Regel wird die Wärme dabei je nach der Arbeitsleistung, d. h. je nach der lebendigen Kraft des Projektils und der Größe des zu überwältigenden Widerstandes zwischen  $65^{\circ}$  und  $95^{\circ}$  schwanken und zum Teil unter  $65^{\circ}$  C. liegen.

2. Eine Verbrennung der Gewebe des menschlichen Körpers durch das Metallgeschloß wird im allgemeinen auszuschließen sein, einmal wegen der dazu nicht ausreichenden Temperatur und sodann wegen der Schnelligkeit, mit welcher das Projektil den Körperteil durchheilt. Da aber, wie Versuche auf Tannenholz ergeben haben, doch die Erwärmung des Geschosses beim Durchdringen von Widerständen bis auf ungefähr  $150^{\circ}$  zu steigen vermag, so kann sich ausnahmsweise wohl einmal der allerdings mehr hypothetische Fall ereignen, daß ein auf diese Weise erhitztes Projektil auf der Haut oder in der erzeugten Wunde so lange verweilt und einwirkt, daß eine — wenn auch nur geringe — Verbrennung resultiert.

Es kommt demnach im menschlichen Körper keine solche Erhitzung der kleinkalibrigen Gewehrprojektilen zustande, daß sie von praktischer Bedeutung wäre, z. B. daß etwa mitgerissene Infektionskeime dadurch unschädlich gemacht würden. Dasselbe gilt natürlich in noch höherem Grade für die weicheeren Bleigeschosse und Shrapnellfüllkugeln.

Kleine Sprengstücke von Granaten können durch die glühenden Gase der Ladung eine solche Erwärmung erfahren, daß sie Verbrennungserscheinungen im Körper hervorrufen. Einen solchen Fall behandelte ich im Burenkriege (Fig. 7). Daß es sich hier um Metallsplitter handelte, welche die Haut versengt hatten, wies uns das Röntgenbild nach.

Viel wichtiger und den Kriegschirurgen weit mehr interessierend ist die Veränderung der Gestalt, welche das Projektil beim Auftreffen auf erhebliche Widerstände erfährt, die Deformation. Nach Richter<sup>1)</sup> ist sie zuerst von le Dran im Jahre 1741 genauer beschrieben worden; mit der zunehmenden lebendigen Kraft der Kugeln werden dann Berichte und Abbildungen, welche diesen Gegenstand behandeln, immer häufiger. Die Wirkung sich stauchender und

---

1) Richter, Allgemeine Chirurgie der Schußverletzungen im Kriege, I, S. 85.

in Stücke gehender Geschosse war so verderbenbringend, daß man sehr häufig glaubte, der Gegner habe sich gehackten Bleies als Munition für die Gewehre bedient. Noch 1870/71 hat man derartige Vorwürfe gegen den Feind erhoben, trotzdem damals doch genau bekannt war, wie häufig die weichen Projektile zerschellten.

Fig. 7.



Verbrennung des Körpers durch glühende Metallsplitter  
und Pulverkörner. (Nach Küttner.)

Die Deformation der Geschosse kann einmal vor Erreichung des Zieles durch Auftreffen auf einen anderen Gegenstand oder im Körper selbst hervorgerufen sein. Wenn nun auch im ersteren Falle ein gut Teil der lebendigen Kraft verloren geht, so werden doch häufig noch durch solche Aufschläger oder Rückpraller sehr schwere Verwundungen verursacht.

Es liegt auf der Hand, daß nur solche Ziele eine Gestaltveränderung der festen Mantelgeschosse hervorzurufen imstande sind, welche selbst eine große Widerstandskraft besitzen. Daher kommen im menschlichen Körper hierfür nur die Knochen in Betracht. Eine Deformation durch Weichteile wird nur dann beobachtet, wenn das Gefüge des Projektils schon vorher durch Aufschlagen erschüttert war.

Die Weichbleigeschosse verhalten sich anders; sie werden oft schon dann platt gedrückt oder zerschnitten, wenn sie im schnellen Fluge auf eine Sehne, eine Aponeurose oder eine feste Bandverbindung, selbst einen Nerv, ein Gefäß auftreffen. So war eine Deformation derselben in den Kriegen des vorigen Jahrhunderts ein ganz gewöhnliches Ereignis. Pirogoff schätzte ihre Häufigkeit auf 50 % und Neudörfer sowie Demme gaben an, daß sämtliche Geschosse, welche sie extrahiert hätten, in ihrer Form verändert gewesen seien.

Die aus Hartblei gegossenen Füllkugeln des Shrapnels werden durch das Auftreffen auf Weichteile in ihrer Struktur nicht geschädigt, können aber an knöchernen Widerständen zerschellen. Dagegen ist von einer bemerkenswerten Deformation grösserer Sprengstücke von Granaten keine Rede. Allerdings können Teilungen selbst bedeutender Splitter dann entstehen, wenn vorher ihr Zusammenhang gelockert war<sup>1)</sup>.

Eine Veränderung der Gestalt der kleinkalibrigen Gewehrprojektilen wurde nach Schüssen aus allen Distanzen beobachtet, naturgemäß am häufigsten bei Verletzungen aus naher Entfernung. So waren z. B. bei den Versuchen der Preussischen Medizinal-Abteilung von den Treffern auf das kompakte Mittelstück der großen Röhrenknochen (Tibia, Femur, Humerus)

bei	100 m	60 %,
„	200 m	82 %,
„	600 m	100 %,
„	700 m	86 %,
„	1000 m	30 %,
„	1200 m	25 %

aller Geschosse, welche überhaupt sich auffinden ließen, nicht mehr intakt.

1) Schjerning, Thöle, Voss, Die Schußverletzungen, S. 127.

Bestimmend für die Größe der Deformation ist einmal die Entfernung, aus welcher der Schuß fiel, zweitens und hauptsächlich die Festigkeit der getroffenen Stelle. Am härtesten sind im menschlichen Körper die Diaphysen der Tibia und des Femur, danach des Humerus. Es ist daher die Gestalt eines Projektils, welches diese Teile durchsetzt hat, meist stark verändert, während dies weniger der Fall ist, wenn Bezirke von geringerer Widerstandskraft getroffen sind. Damit soll nun nicht gesagt sein, daß Schüsse auf die hier als besonders hart bezeichneten Diaphysen stets von Deformation gefolgt sind, oder daß Verletzungen der Epiphysen immer ohne dieselbe einhergehen. Die nämlichen Knochen verhalten sich in ihrer Festigkeit je nach dem Treffpunkte sehr verschieden. So muß als besonders widerstandsfähig die *Linea aspera femoris*, die vordere Tibiakante, das *Olecranon*, die *Crista ulnae* bezeichnet werden. Die daran angrenzenden Bezirke sind bedeutend weniger resistent. Daneben spielen Rasse und individuelle Verschiedenheiten eine nicht zu unterschätzende Rolle.

Alle diese Punkte machen es erklärlich, daß wir nicht instande sind, aus der Höhe der Deformation des Geschosses einen sicheren Schluß auf die Distanz zu machen, aus welcher dasselbe abgefeuert wurde. Nicht nur ein Projektil, das in der Nähe sein Ziel findet, sondern auch dasjenige, welches aus größerer Entfernung herkommt, kann an starken Widerstand zerschellen, namentlich, wenn es unter spitzem Winkel auftrifft. Dagegen ist die Annahme wohl gerechtfertigt, daß ein stark im Körper deformiertes Geschöß auch eine bedeutende Verletzung hervorgerufen hat: der umgekehrte Schluß ist allerdings wiederum nicht gestattet.

Die gleichen Grundsätze haben auch für die größer kalibrierten Bleiprojektile und die Füllkugeln der Shrapnels Geltung.

Die geringste Veränderung, welche sich an einem Mantelgeschosse zeigt, besteht in einer Abplattung. Diese findet sich meist an der Spitze (Fig. 8a), dann, wenn das Projektil annähernd unter einem rechten Winkel aufschlug, an der Seite (Fig. 8b) oder der Grundfläche (Fig. 8c) beim tangentialen Auftreffen. Bei mäßig starken Widerständen bleibt auch die Verbreiterung innerhalb mittlerer Grenzen; dabei hält der Mantel noch Stand. Er reißt erst ein, wenn die Stauchung einen höheren Grad erreicht hat. Die

Spaltung erfolgt meist in der Form von Längsrissen an den Stellen, in welche sich die Züge des Laufes eingepreßt haben, die daher die Linien des geringsten Widerstandes darstellen.

Fig. 8.



Deformation der Mantelgeschosse.

- |                |                                 |                                      |
|----------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| a              | Abplattung an der Spitze        | ohne Mantelriß.                      |
| a <sub>1</sub> | " " "                           | mit "                                |
| b              | " " "                           | Seite ohne "                         |
| b <sub>1</sub> | " " "                           | mit "                                |
| c              | " " "                           | Basis ohne "                         |
| c <sub>1</sub> | " " "                           | mit "                                |
| d              | " " "                           | verschiedenen Stellen mit Mantelriß. |
| e              | Pilzförmige Stauchung des Kerns | mit Aufrollung des Mantels.          |
| f              | " " "                           | " " Abstreifung " "                  |

Der Kern wird dabei entweder nach der Mitte zu herausgedrückt (Fig. 8d), oder er erfährt eine pilzförmige Gestalt-



veränderung. Bei sehr starken Widerständen kommt es an den verschiedensten Stellen des Mantels zu Rissen, welche längs, quer oder schräg verlaufen; der Bleikern erfährt dann die mannigfachsten Umgestaltungen und trennt sich von seiner Hülle. Schließlich zerschellen Mantel und Kern in viele Stücke, die gesondert ihren Weg nehmen; das schwerere Blei fliegt dabei bedeutend weiter, als das Stahl- oder Kupfergehäuse.

v. Coler und Schjerning unterscheiden danach folgende Grade der Deformation:

1. Geringere Abplattungen des Geschosses an der Spitze
  - a) ohne Zerstörung des Mantels,
  - b) mit Mantelriß.
2. Geringere Abplattung an der Seite
  - a) ohne Zerstörung des Mantels,
  - b) mit Mantelriß.
3. Geringere Abplattungen an der Grundfläche
  - a) ohne Zerstörung des Mantels,
  - b) mit Mantelriß.
4. Geringere Abplattungen an den verschiedenen Stellen zugleich, z. B. an der Spitze und an der Seite oder an der Grundfläche usw.
5. Pilzförmige und noch stärkere Stauchung des Kerns mit Mantelriß.
6. Pilzförmige und noch stärkere Stauchung des Kerns mit Abstreifung des Mantels.

Die Häufigkeit, mit der sich die modernen Mantelgeschosse im menschlichen Körper deformieren, war früher ein Gegenstand lebhafter Kontroverse. Diejenigen Experimentatoren, welche mit abgebrochener Ladung arbeiteten, gaben ganz geringe Zahlen an. Bei den kriegsgemäß angestellten Versuchen der Medizinal-Abteilung hatten 17,9 % aller Projektilen ihre Gestalt mehr oder weniger geändert. Ich glaube, daß diese Zahl annähernd das Richtige trifft, vielleicht noch etwas zu tief gegriffen ist, da bei den im modernen Feldzuge sehr häufigen langen Schußkanälen infolge der wechselnden, mannigfachen Widerstände die Bedingungen für die Deformation außerordentlich günstig sind.

Im Burenkriege hat sich gezeigt, daß die einzelnen, dort gebrauchten Geschosse sich nach der Stärke und Festigkeit ihres Mantels verschieden verhielten; so zerschellte

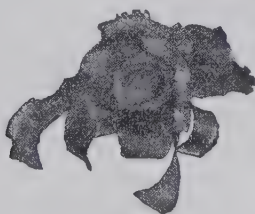
das Projektil des Mausergewehres leichter, als das des Lee-Metford.

Eine Sonderstellung nehmen die Dum-Dum-Geschosse ein; sie stauchen sich schon bei Verletzungen der Weichteile aus naher Distanz und werden in Stücke zerrissen beim Passieren stärkerer Widerstände.

Die Deformation vollzieht sich hier in ganz typischer Weise, wie von Bruns nachgewiesen hat.

Beim Teilmantel-Geschosse staucht sich die freiliegende Bleispitze im Momente des Auftreffens auf das Ziel und sprengt nun den Mantel in Längsstreifen, welche sich nach hinten zu umbiegen, an der Basis aber meist im Zusammenhang bleiben (Fig. 9). Ist das Hindernis sehr resistent, so zerschellen Mantel und Kern in kleinste Fragmente.

Fig. 9.



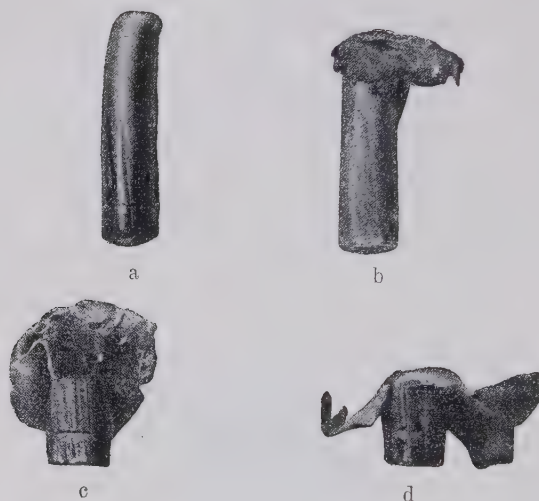
Typische Stauchung eines Teilmantelgeschosses. (Nach v. Bruns.)

Beim Hohlspitzen-Geschosse staucht sich ebenfalls das Vorderteil beim Aufschlagen auf den Körper; die darin befindliche Höhlung erweitert sich, und der Mantel reißt ein. Nun tritt der Bleikern, sich pilzförmig verbreiternd, heraus, so daß die hintere Partie des Geschosses leer wird (Fig. 10b). Bei höheren Graden der Deformierung zeigen sich längsverlaufende Risse im Mantel, welcher soweit nach hinten zu gebogen werden kann, daß seine Innenfläche nach außen kommt (Fig. 10e). Die Reste des Kerns findet man entweder in die Umgebung verspritzt oder mit den Mantelfetzen verbacken. Bei Schüssen auf feuchte oder flüssige Körper springt das ganze Projektil in Stücke.

Aehnliche Grade der Deformierung treten bei den übrigen Modifikationen, z. B. Jeffreys sporting bullet, auf (Fig. 11).

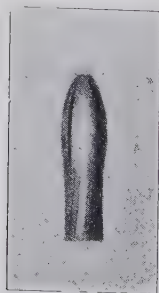
Ein ganz besonderes Interesse riefen bei den Kriegschirurgen die Veränderungen hervor, welche die älteren

Fig. 10.



Typische Stauchung eines Hohlspitzengeschosses. (Nach v. Bruns).

Fig. 11.



Geringfügige Stauchung von Jeffreys sporting bullet  
(durch Weichteile bedingt). (Nach Makins.)

Weichbleigeschosse erlitten. Ihre Entstehung wurde namentlich von Reger genauer studiert.

Als geringsten Grad der Deformation fanden sich Ein-

kerbungen, Rinnen, hervorgerufen durch den Gegendruck schwacher Widerstände, wie Nerven, Gefäße und dergl. Dann beobachtete man, daß sich die Geschosse hufeisenförmig um Muskelbündel, Sehnen herumgelegt hatten, oder durch spongiöse Knochen zerschnitten wurden (Fig. 12c). Traf das Projektil auf ein stärkeres Hindernis, so stauchte sich die

Fig. 12.



Deformation der Weichbleigeschosse.

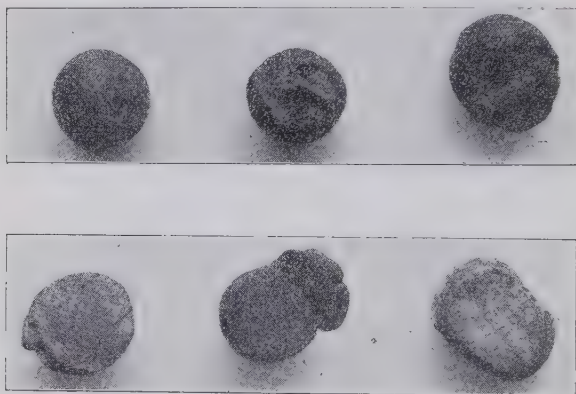
- a) Normales 11 mm-Mausergeschoß. b) An der Spitze gestauchtes Mausergeschoß. c) An Knochen zerschnittenes Mausergeschoß. d) Geschoß mit Hutform. e) Geschoß mit Schalenform. f) Vollständig zerschelltes Geschoß.

Spitze; es resultierte eine Pilz- oder Hutform (Fig. 12d). Bei noch größeren Widerständen und bedeutender Geschwindigkeit haben die Bleilamellen keine Zeit, sich spiralig aufzurollen, sondern werden seitlich verschoben (Schalenform; Fig. 12e). Schließlich hört ihr Zusammenhang untereinander

auf, nun kommt es zu Absprengungen und vollständigen Zertrümmerungen (Fig. 12 f).

Die Shrapnelkugeln sind fast stets mehr oder weniger verändert, wenn sie ihr Ziel erreichen. Es ist dies die Folge des hohen Druckes, unter welchem ihre Füllung in das Projektil vor sich geht, sowie ihrer Karambolage nach dem Kriechen. Im menschlichen Körper können sie alle Grade der Deformation durchlaufen, von der einfachen Abplattung bis zur vollständigen Zertrümmerung (Fig. 13).

Fig. 13.



Deformierte Shrapnelfüllkugeln.

## B. Die Durchschlagskraft der Geschosse und das Steckenbleiben derselben im menschlichen Körper.

Die Durchschlagskraft der modernen kleinkalibrigen Gewehrprojekteile sei hier durch die Leistungen des deutschen Gewehres M. 88 illustriert: Dasselbe durchschlägt

	auf 100 m	400 m	800 m	1800 m	Distanz
starkes, trockenes Tannenholz . . .	80 cm	45 cm	25 cm	5 cm	
Sand und Erde . . .	90 "	50 "	35 "	10 "	

Platten aus Schweißbeisen von 0,7 cm Dicke wurden noch auf 300 m durchbohrt; dagegen zeigten die besten Stahlplatten



bei Schüssen aus 50 m Entfernung nur unbedeutende Eindrücke.

Ziegelmauern von der Stärke eines Steines wurden glatt durchschlagen, stärkere erst durch mehrere dieselbe Stelle treffende Schüsse<sup>1)</sup>.

Nach den Versuchen von v. Bruns dringt das Geschöß auf 100 m durch 4—5 Glieder des menschlichen Körpers, auf 400 m durch 3—4, auf 800—1200 m durch 2—3 Körperteile, wobei die stärksten Knochen zerschmettert wurden<sup>2)</sup>.

Die gewaltige Wirkung auf lebende Ziele zeigte z. B. ein in der deutschen Armee vor mehreren Jahren vorgekommener Unglücksfall. Hier durchschlug M. 88, aus einer Entfernung von 150 m abgefeuert, einem Soldaten das rechte Schlüsselbein nahe dessen sternalem Ansatz, die rechte Arteria und Vena subclavia, rechte Lungenspitze, Aortenbogen und dritten Brustwirbel, so daß der Mann sofort an innerer Verblutung starb, durchbohrte hierauf, als Querschläger auftreffend, das rechte Schultergelenk eines Kameraden und zersprengte dabei den Humeruskopf in zwei Hälften. Einem dritten Soldaten wurde der Rock zerrissen. Das Geschöß selbst wurde in einem Lattenzaun aufgefunden<sup>3)</sup>.

Trotz dieser enormen Durchschlagskraft haben die Feldzugserfahrungen gelehrt, daß eine große Zahl von Projektilen im Körper stecken bleibt, weit mehr, als die soeben gemachten Angaben erwarten lassen. So befanden sich nach den Mitteilungen Stitts nach dem Gefecht bei Santjago unter 147 Verwundeten eines Spitäles  $15 = 10,2\%$ , bei denen das Geschöß vom Körper zurückbehalten war. Diese Beobachtung mußte um so auffälliger erscheinen, als es sich dabei keineswegs um Verletzungen aus weiter Distanz handelte. Nach den ziemlich glaubwürdigen Schätzungen der Patienten und ihrer Offiziere waren die Schüsse 1 mal aus 120 m, 5 mal aus 2—300 m, 1 mal aus 3—500 m, 5 mal aus 5 bis 800 m, 1 mal aus 900 m und 2 mal aus unbekannter Entfernung abgefeuert worden<sup>4)</sup>. Auch nach meinen Auf-

1) Wille, Waffenlehre, 2. Aufl., S. 161.

2) v. Bruns, Die Schußwirkung der neuen Kleinkalibergeschosse, 1889, S. 550.

3) Schjerning, Thöle, Voss, l. c., S. 70.

4) Reports of wounds by Mannlicher bullets. The med. Rec. New-York, 1896, No. 6.

zeichnungen aus dem letzten südafrikanischen Feldzuge sind bei über 15 % aller von uns behandelten Buren und Engländer Geschosse oder Teile derselben stecken geblieben. Mac Cormac schätzt dies Ereignis auf 10 %, Treves sogar auf 20 %.

Wie ist diese überraschende Tatsache zu erklären?

Einmal daraus, daß es sich um Aufschläger oder um solche Pojektile handelte, welche schon vorher einen anderen Körper durchsetzt und dadurch soviel an Geschwindigkeit eingebüßt hatten, daß sie nicht mehr imstande waren, einen Menschen zu durchbohren. So konnte ich dies bei 11 in den Weichteilen zurückgebliebenen Mantelgeschossen 7 mal mit Sicherheit durch die Größe und Gestalt des Einschusses nachweisen. Auch Senn<sup>1)</sup> berichtet aus dem kubanischen Feldzuge, daß viele Geschosse schon vorher Bäume durchschlagen oder rikochettiert hätten, ehe sie ihr lebendiges Ziel erreichten.

Weiter können sich Projektile im Körper selbst deformieren und dadurch soviel an lebendiger Kraft verlieren, daß diese nicht mehr ausreicht, alle Splitter wieder nach außen zu befördern. Es bleiben daher bei Verletzungen der starken Mittelstücke der langen Röhrenknochen auffallend häufig Geschosse oder Trümmer davon, meist Reste des leichteren Mantels, stecken. So liessen sich bei 22 Frakturen der Diaphysen von Femur, Tibia und Humerus, welche wir behandelten, 11 mal = 50 % Ueberbleibsel von Projektilen im Röntgenbilde nachweisen. Auch bei den Versuchen der Medizinalabteilung im Jahre 1894 befanden sich unter 18 im Körper zurückgebliebenen Geschossen 15 deformierte.

Hiermit ist aber noch keine völlig befriedigende Erklärung gegeben. Wir haben bis jetzt außer Acht gelassen, daß sich die Experimente im Frieden nur auf stehende resp. hängende menschliche Leichen bezogen, während der Soldat in der modernen Feldschlacht sehr häufig, vielleicht sogar zumeist im Liegen oder gebückten Vorwärtsschreiten getroffen wird. Da hat dann die Kugel unter Umständen einen sehr langen Weg zurückzulegen, einen Weg, welcher die Durchmesser von 4—5 Gliedern übertrifft.

Um festzustellen, wie sich das Mantelgeschloß hierbei verhält, hat die Medizinalabteilung im Jahre 1902 ausgedehnte

---

1) M. Senn, Med. surgical aspects of the Spanish-American war. Chicago Americ. med. assoc. press. 1900.

Versuche anstellen lassen<sup>1)</sup>. Dabei zeigte es sich, daß beim Beschusse von liegenden Leichen eine außerordentliche Menge von Projektilen stecken blieb und zwar

auf 200 m Entfernung	40 %	(10 Treffer)
„ 600 m	36 %	(12 „ )
„ 800 m	50 %	(16 „ )
„ 1350 m	65 %	(17 „ ).

Im ganzen wurden demnach unter 65 Geschossen 46 % im Körper zurückbehalten.

Weniger Schwierigkeit macht die Erklärung des häufigen Steckenbleibens der älteren Bleiprojektile, da deren Durchschlagskraft viel geringer ist.

Es beträgt nämlich nach den Untersuchungen von P. v. Bruns die durchschnittliche Eindringungstiefe in trockenes Tannenholz (Längsschnitt)

	auf 12 m	100 m	400 m	800 m	1200 m
bei M. 71/84 . . . .	21 cm	19 cm	10 cm	5 cm	4 cm
„ M. 71/84 (mit Stahl-					
mantel) . . . . .	70 „	46 „	27 „	15 „	10 „
„ einem Mauser					
mit Nickelmantel					
Kal. 7,64) . . .	110 „	65 „	44,5 „	29,5 „	14 „ .

Die Nickel- und Stahlmantelgeschosse blieben ganz unverändert, während die Bleiprojektile bei einer Entfernung von 1200 m an der Spitze leicht gestaucht, bei 200 m stark, bei 100 und 25 m sehr stark deformiert waren.

So ergeben diese Experimente gleichzeitig, welchen Einfluß die Verbreiterung des Querschnittes für das Perkussionsvermögen und das Steckenbleiben der Projektile hat.

Daher ist denn auch die Durchschlagskraft der Teilmantelgeschosse trotz ihrer hohen Anfangsgeschwindigkeit, wenigstens bei Entfernungen bis zu ungefähr 600 m, um mehr als das Vierfache geringer, als die der Vollmantelgeschosse. Im Körper zurückgebliebene Mantel- und Kernreste sind bei ihrer Anwendung eine häufiger Befund, zumal wenn Knochen verletzt wurden.

---

1) Schjerning, Ueber Körperlängsschüsse. Veröffentlichungen aus dem Gebiete des Militärsanitätswesens, Heft 23.

Das Durchschlagsvermögen der Shrapnelfüllkugeln ist verhältnismäßig nur gering; so dringt nach den Versuchen von Bircher<sup>1)</sup> die 12,5 mm-Kugel der Schweizer Artillerie, wenn sie eine Geschwindigkeit von 200 m besitzt, also nach den Berechnungen Roths erst 100 m vom Sprengpunkte entfernt ist, nur 6 cm tief in trockenes Tannenholz ein, bei 100 m V. (ca. 300 m vom Sprengpunkte) nur 1,8 cm ein. In etwas härterem Holze erhielt B. folgende Schußkanäle:

Kaliber	300 m V.	200 m V.
12,5 mm	16,5 cm	5,5 cm Länge
10,4 „	15,0 „	4,2 „ „

Danach wird es erklärlich, daß wir Shrapnelfüllkugeln sehr häufig vom Körper zurückbehalten vorfinden, nach meinen Aufzeichnungen aus dem Burenkriege bei ca. 50 % aller hierdurch hervorgerufenen Verwundungen. Beim Passieren der stärksten Widerstände im menschlichen Organismus, der Diaphysen der langen Röhrenknochen, bildet dies Ereignis die Regel.

Die Granatsplitter verhalten sich, je nach ihrem Querschnitte und ihrer lebendigen Kraft, sehr verschieden. Infolge der bedeutenden Anfangsgeschwindigkeit der Sprengstücke der deutschen Feldhaubitzzgranate haben auch deren größere Fragmente eine sehr hohe Durchschlagskraft und blieben bei den Versuchen der deutschen Medizinalabteilung sehr selten im menschlichen Körper stecken. Das Perkussionsvermögen der Feldgranatsplitter ist weit geringer. Die kleinen Sprengstücke verlieren sehr schnell ihre lebendige Kraft; sie sind daher schon nach kurzem Fluge nicht mehr imstande, selbst die Weichteilmassen eines einzigen Gliedes zu durchbohren<sup>2)</sup>.

### C. Querschläger und indirekte Projektile.

Wie wir gesehen haben, wird die Stabilität der Flugbahn eines modernen Gewehrgeschosses durch die Rotation gewährleistet, welche ihm vermittelt der Züge mitgeteilt wird. So lange dasselbe sich nun in einem gleichmäßigen

1) Die Wirkung der Artilleriegeschosse. 1899.

2) Schjernerling, Thöle, Voss, l. c., S. 126.

Medium befindet, geht auch seine Fortbewegung regelmäßig vor sich, und seine ogivale Spitze behält stets die Führung. Die besondere Konstruktion der kleinkalibrigen Projektile, das bedeutende Ueberwiegen ihrer Länge über den Querschnitt, bringt aber die Gefahr mit sich, daß Abweichungen von der normalen Flugbahn zu stande kommen, wenn sich unregelmäßigere Widerstände entgegenstellen. Dann tritt das Geschoß nicht mit seiner Spitze, sondern zuerst mit seiner Seitenfläche als Querschläger ins Ziel ein.

Es ist dies der Fall, wenn das Projektil auf seinem Wege zum Körper ein anderes Objekt, welches nicht einmal sehr fest zu sein braucht, nur streift, wenn es mit seiner einen Hälfte ein stärkeres Hindernis durchsetzt, als mit seiner anderen, oder wenn es kurz nach einander dünnere und dichtere Medien zu passieren hat.

Schießt man z. B.<sup>1)</sup> aus beliebiger Entfernung auf Holzplanken, welche hintereinander in Zwischenräumen aufgestellt worden sind, so tritt das Geschoß vielleicht noch aus dem dritten, selbst vierten Brette in normaler Stellung heraus, wird danach aber zum Querschläger und trifft nun auf die nachfolgenden Bohlen ganz unregelmäßig, breit, bald mit nach rechts, bald mit nach links gewandter Spitze auf.

Der Grund für diese Abweichung des Projektils aus seiner richtigen Lage liegt einmal in der unregelmäßigen Struktur des Holzes, welches dicht nebeneinander sehr verschieden geartete Widerstände darbietet, und zweitens in dem abwechselnden Fluge durch ein festes und ein gasförmiges Medium.

Auch der menschliche Körper mit seinen harten, spröden Diaphysen, seinen nachgiebigeren spongiösen Knochenteilen, den weichen Fleischmassen, stellt dem Geschoße so variable Hindernisse gegenüber, daß es hier häufig zu einer Querstellung desselben kommen muß. In der Tat haben die Versuche der Medizinalabteilung aus dem Jahre 1902 gezeigt, daß M. 88, wenn es liegende Leichname in ihrer ganzen Länge durchsetzt, fast regelmäßig zum Querschläger wird. Sehr häufig ist dies schon der Fall, wenn das Projektil nach der Passage eines Gliedes auf einen zweiten Körperteil trifft.

---

1) M.-A. S. 88.



In der Regel sind es Knochen, welche diese Aenderung der Flugbahn hervorbringen; doch genügen hierfür nicht selten auch schon geringere Widerstände. So behandelten wir z. B. einen englischen Soldaten, dem eine Mauserkugel als Querschläger in den Thorax gedrungen war, nachdem sie zuvor den Rumpf eines Kameraden, und zwar nur in den Weichteilen durchsetzt hatte. Der Abdruck ihres Längsschnittes war späterhin deutlich auf der Brust des Verwundeten sichtbar.

Meist kann man aus der Rundung und Größe des Ausschusses nachweisen, daß das Projektil den ersten Körper noch in normaler Stellung verlassen hatte und erst in der Luft von derselben abging; in anderen Fällen wieder deutet die Gestalt der Hautöffnungen darauf hin, daß die Ablenkung schon vorher erfolgte.

Man muß also zwischen Projektilen unterscheiden, welche schon vor ihrem Auftreffen auf das Ziel, und solchen, welche erst durch die Widerstände im Körper zum Querschläger wurden.

Die Verwundungen, welche im ersteren Falle zustande kommen, richten sich ganz nach der lebendigen Kraft des einfallenden Geschosses. Falls seine Energie sehr gering ist, so vermag es oft nur eben noch die Haut zu durchbohren und bleibt darunter stecken, ein Ereignis, welches im Felde nicht selten beobachtet wird. Trifft dasselbe aber auf Knochen, so prallt es ab oder ruft einfache Brüche ohne Splitterung hervor.

Weit schwerer sind dagegen die Verletzungen, welche ein noch mit großer Geschwindigkeit einherfliegendes, im Körper oder außerhalb desselben in Querstellung überführtes Geschloß zu verursachen vermag. Hierbei spielt neben der Vergrößerung seines Querschnittes noch die Rotation eine gewichtige Rolle. Wenn es sich auch gezeigt hat, daß diese bei ungestörter Fortbewegung für den Charakter der Wunden kaum in Betracht kommt, da die Zeit ihrer Einwirkung zu gering ist, so gewinnt dieser Faktor doch erheblich an Bedeutung bei Ablenkungen des Geschosses aus seiner gewöhnlichen Bahn und plötzlichen Hemmungen seines Fluges.

Mit der Sistierung desselben hören keineswegs die Umdrehungen des Projektils auf, auch wenn seine Geschwindigkeit schon stark herabgemindert ist, wie die Medizinalabteilung durch zahlreiche Versuche dargetan hat. v. Coler

und Schjerning schossen mit M. 88 auf Drahtnetze, welche unter Wasser ausgespannt waren. Die aufgefundenen Projektile zeigten nun neben den Abdrücken der Maschen linienartige, einander parallele Furchen, welche spiralig die Spitze und den seitlichen Mantelzylinder ganz oder teilweise umkreisten. Sie waren entstanden durch die Reibung des in Umdrehungen begriffenen Geschosses an vorspringenden Kanten und Zacken des zerrissenen Netzes und ließen durch ihre Anordnung deutlich erkennen, in welcher Weise sich die Rotation zur Vorwärtsbewegung verhielt. War diese bei senkrechtem Auftreffen fast ganz gehemmt, so fand man die Furchen nur an der Spitze, sehr eng nebeneinander und flach; bei „stehendem“ Projektil liefen sie quer um seinen ganzen Umfang zurück zu ihrem Anfangspunkte, damit beweisend, daß trotz völligen Aufhörens einer Vorwärtsbewegung die Rotation noch andauerte. In anderen Fällen konnte man aus der Steilheit der beschriebenen Linien berechnen, wieviel Umdrehungen das Geschöß um seine Achse gemacht hatte; es waren bald  $1\frac{1}{2}$ — $2\frac{1}{2}$ , bald 8—16.

Noch durch andere Experimente konnten v. Coler und Schjerning die Wirksamkeit dieses Faktors demonstrieren. Sie schossen auf Bretter mit M. 88, dessen Mantel mit Wood-scher Legierung ausgegossen war. Letztere wurde bei der Passage durch das Holz verflüssigt und von dem in Querstellung befindlichen Projektil im Bogen herausgeschleudert, wie der Metallspiegel nachher deutlich nachwies (Fig. 14). Auch der Schußkanal zeigte diese Drehung und ließ gleichzeitig erkennen, mit welcher Wucht das rotierende Geschöß die berührten Holzteile herausgerissen hatte.

Hiernach läßt sich wohl verstehen, daß Querschläger oft gewaltige Zerstörungen im menschlichen Körper anzurichten imstande sind, Verletzungen, welche sich in nichts von den durch Granatsplitter verursachten unterscheiden.

Zuweilen sind es nun nicht die Geschosse selbst, welche nach ihrem Aufschlagen auf dem Erdboden oder dergl. in den Körper dringen und hier mehr oder weniger bedeutende atypische Verwundungen hervorbringen, sondern Gegenstände, welche durch ihren Anprall fortgeschleudert werden, sogenannte „indirekte Projektile“.

Man begegnet ihnen häufig im Seekriege. So waren im japanisch-chinesischen Feldzuge 1894/95 unter 629 Verletzungen ungefähr 20 % durch Holz- oder Metallsplitter,

welche durch krepierende Granaten von den Schiffswänden losgerissen waren, verursacht. In der modernen Landschlacht, bei der die Kämpfe im Liegen ausgefochten werden, kommen

Fig. 14.



Einschuß eines in einen Holzblock als Querschläger eingedrungenen Mantelgeschosses, dessen Kern aus Woodscher Legierung bestand.  
(Nach v. Coler und Schjerning.)

häufig Verwundungen durch Steine, Sand oder Erde zur Beobachtung.

Eine zweite Gruppe von indirekten Geschossen stellen Teile der Montur, der Kleidung oder Sachen dar, welche die

Soldaten lose bei sich tragen, Objekte, die in früheren Zeiten wohl als Schutz gegen auftreffende Kugeln dienen konnten, wie Geldmünzen, Uhren oder dergl.

Welcher Art die Verwundungen sind, die hierdurch verursacht werden, hängt ganz von der lebendigen Kraft der betreffenden Gegenstände ab. Durch aufschlagende Granaten können selbst zentnerschwere Felsblöcke losgerissen werden, welche Menschen zu zerschmettern imstande sind. Aber auch kleine Steine vermögen empfindliche Verletzungen hervorzubringen, sobald sie das Gesicht treffen. So gingen in der Krim zahlreiche Augen auf diese Weise zugrunde. Auch wir sahen ähnliche Fälle.

Die in den menschlichen Körper eindringenden sekundären Projektile bleiben meist darin stecken, während das primäre weiterfliegt. Zuweilen aber gehen beide Teile, bei geringer lebendiger Kraft des Gewehrgeschosses, eine innige Verbindung miteinander ein. Mehrere Beispiele davon gibt H. Fischer in seinem Handbuche. Darin berichtet er auch über alle möglichen Dinge, welche in den verschiedensten Organen von Verwundeten vorgefunden wurden, wie Münzen, Nägel, Stücke eines fremden Schädels, Zähne u. dergl. Im Burenkriege wurden mehrmals durch den Stoß des aufschlagenden Projektils im Gürtel steckende Patronen zum Explodieren gebracht und somit die Ursache eines fast momentanen Todes.

## Kapitel 2.

### Die Wirkung der Geschosse auf den lebenden menschlichen Körper.

Für die Erkenntnis der Wirkungen des Geschosses auf den lebenden menschlichen Körper stehen uns 2 Wege zu Gebote. Unbedingt sicher gibt uns den gewünschten Aufschluß das Studium der Verletzungen im Kriege. Damit ist uns aber nicht genug gedient. Noch bevor unsere Waffen im Ernstfalle erprobt sind, müssen wir nach Möglichkeit über ihre Wirksamkeit unterrichtet sein, einmal, um nicht Gefahr zu laufen, gegenüber dem Gegner minderwertig ausgerüstet zu sein, und zweitens, um genügend vorbereitet zu



sein, die geschlagenen Wunden auch heilen zu können. Diesen beiden Zwecken dienen die Schießversuche an menschlichen Leichen und lebenden Tieren.

Beiden haften jedoch mancherlei Mängel an. Die Wirkung der Geschosse ist abhängig von dem Widerstande, welchem sie im Körper begegnen; zweifellos vermindert sich jener nach dem Tode mit der nun beginnenden Fäulnis. Die Zeit ihres Eintritts ist verschieden nach der Lage und Struktur der einzelnen Gewebe und Organe. Am leichtesten faulen bekanntlich der Darm und die Drüsen in seiner Nachbarschaft. Schießversuche haben hier nur einen sehr beschränkten Wert. Dann kommt das Gehirn, welches sich oft trotz aller Konservierungsmittel schon kurze Zeit nach dem Absterben in einen weichen Brei verwandelt. Wie wir nachher bei der Besprechung der sogenannten Explosionsschüsse sehen werden, sind sie die Folge einer großen Labilität und Verschiebbarkeit der einzelnen Teilchen. Man bekommt daher ganz falsche Resultate, wenn man an flüssigen Gehirnen experimentiert. Weit brauchbarere Ergebnisse bringt schon der Beschuß von frisch abgestorbener Muskulatur, während man die nach dem Tode entstandenen Verletzungen der verschiedenen Arten des Bindegewebes, der Haut und der Knochen, deren Elastizität nur sehr langsam abnimmt, überhaupt kaum von den im Leben beobachteten unterscheiden kann, vorausgesetzt natürlich, daß man einigermaßen gut erhaltene und konservierte Leichen zur Verfügung hat. Schlüsse aus Wunden der Gefäße und des Herzens von Kadavern haben kaum einen Wert, da die Füllung mit strömendem Blute fehlt. Welche Rolle die Flüssigkeit spielt, werden wir an anderer Stelle betrachten.

Den hier kurz skizzierten Mängeln helfen zum Teil die Versuche an lebenden Tieren ab; allerdings kommen hier andere Fehlerquellen hinzu. Diese bestehen in der Verschiedenheit der Widerstände, welche die tierischen und menschlichen Gewebe darbieten. Die Haut, Sehnen, Bänder und Knochen der am häufigsten zu unseren Experimenten verwendeten Spezies, der Pferde, zeichnen sich durch eine ganz besonders große Festigkeit aus; Verwundungen der genannten Organe lassen sich daher kaum für unsere Zwecke verwerten. Die Knochen von Hammeln, welche ebenfalls des öfteren zu Versuchen benutzt wurden, sind sehr weich und enthalten viel flüssiges Mark, so daß hierdurch wiederum Fehlerquellen entstehen. Dagegen können uns Schüsse durch die Muskulatur, Gefäße und Herz,



den Darm, die Organe der Bauch- und Brusthöhle, selbst das Gehirn wichtige Aufschlüsse geben. Bei dem letzteren spielt allerdings, wie Habart<sup>1)</sup> mit Recht hervorhob, die Umhüllung eine große Rolle. Der Schädel des Pferdes ist so fest, daß sich selbst das Mantelgeschloß meist daran deformiert; natürlich muß es nun andere Wirkungen entfalten, als ein beim Aufschlagen auf menschlichen Knochen nicht verändertes Projektil.

Wir erschen aus diesen Schilderungen, daß die Schießversuche auf menschliche Leichen und lebende Tiere sich gegenseitig ergänzen, und daß es wohl angängig ist, aus den Ergebnissen beider einen gültigen Schluß auf die Verwundungen im Ernstfalle zu ziehen. Den besten Beweis für die Richtigkeit dieser Anschauung liefert uns das große Werk der Medizinalabteilung vom Jahre 1894. Bis fast in alle Einzelheiten haben die hier niedergelegten Ergebnisse ihre Bestätigung in den Kämpfen in Amerika und Südafrika gefunden. War auch der erste Eindruck für die Kriegschirurgen zuweilen ein anderer, z. B. bei den Bauchverletzungen, ein genaueres Studium derselben mußte den Experimentatoren Recht geben.

Aus einem dritten Grunde aber können wir der Schießversuche nicht entbehren. Sie ermöglichen uns einen genauen Einblick in die Anatomie der Wunden und geben uns Aufschluß über etwa bestehende Verschiedenheiten der Geschloßwirkung auf nähere und weitere Distanzen. Es ist ja im Felde meist ganz unmöglich, von dem Patienten darüber genauen Aufschluß zu erhalten, aus welcher Entfernung der Schuß gefallen. Kam die Kugel von hinten, so kann selbstverständlich niemand irgend eine Auskunft über ihre Herkunft erteilen; aber auch der von vorn getroffene Kämpfer hat häufig den mit rauchlosem Pulver feuernden Gegner gar nicht gesehen, oder sollte er ihn bemerkt haben, so weiß er doch nicht sicher, von welcher Schützenkette seine Verletzung herrührt. Hier tritt ergänzend das Experiment ein.

Zuletzt aber bedürfen wir seiner zur Erklärung der Geschloßwirkung. Erst durch die eingehenden Versuche der Kriegschirurgen aller Länder ist uns hierüber Aufschluß geworden. Von deutschen Autoren nenne ich da die Arbeiten

---

1) Habart, Die Geschloßwirkung der 8 mm Handfeuerwaffen. Wien 1892.

von Busch, Reger, v. Bruns und das Werk der Medizinalabteilung; in der Schweiz war es vornehmlich Kocher und Bircher, in Oesterreich Habart, in Frankreich Delorme und Chavasse, sowie viele andere, welche die Theorie gefördert haben.

Nach diesen einleitenden Bemerkungen über die Quellen, aus welchen wir unsere Kenntnisse über die Einwirkung der Geschosse auf den menschlichen Körper geschöpft haben, wenden wir uns diesen selbst zu.

Die Wirkung des Projektils ist von verschiedenen Momenten abhängig, welche zum Teil in ihm, zum Teil im Ziele liegen. Zu den ersteren gehört zuvörderst die lebendige Kraft, welche durch das Produkt aus der halben Masse in das Quadrat der Geschwindigkeit gemessen wird  $\left(\frac{m}{2} \cdot v^2\right)$ .

Je größer einerseits die Masse, andererseits die Geschwindigkeit ist, desto erheblicher kann eine Verletzung ausfallen. Ob sie in Wirklichkeit umfangreicher wird, hängt davon ab, wieviel von dem einem Projektil innewohnenden Arbeitsvermögen im Körper verbraucht wird. Es kommt demnach nicht auf die Größe der lebendigen Kraft des Geschosses an, sondern auf die Zeit, während welcher es im Ziele verharret<sup>1)</sup>.

Aus gezogenen Läufen abgefeuerte Projektile besitzen außer der durch  $\frac{m}{2} \cdot v^2$  dargestellten noch lebendige Kraft in der Rotation. Sie beträgt zirka 0,6 % der totalen; nach den Untersuchungen der Medizinalabteilung<sup>2)</sup> kommt sie in der Regel bei Entstehung der Schußverletzungen nicht zur Geltung, sondern gewinnt nur dann Einfluß, wenn das Geschoß aus seiner normalen Richtung abgelenkt wird und pendelnde Bewegungen annimmt. Zum Teil sind die bei Querschlägern und steckengebliebenen Geschossen vorkommenden großen Zerstörungen hieraus mit zu erklären.

Das zweite Moment, welches für die Wirkung des Projektils von Wichtigkeit ist, sind seine physikalischen Eigenschaften, insbesondere seine Festigkeit und der Härtegrad der zur Verwendung gelangten Metalle. Beim Eindringen in ein Ziel erleidet nicht nur dieses, sondern sobald der Widerstand eine gewisse Größe überschreitet, auch das Geschoß

1) R. Köhler, Die modernen Kriegswaffen, S. 130.

2) l. c. S. 473.

selbst Formveränderungen, welche ein längeres Verweilen im beschossenen Körper und damit eine größere Abgabe von lebendiger Kraft begünstigen. Es wird hiermit allerdings zugleich die Durchschlagskraft geringer. Je nach den

Fig. 15a.



Schuß mit Vollmantelgeschöß in trockenes Buchenholz  
auf 25 m Entfernung. (Nach v. Bruns.)

Zwecken, welche man verfolgt, wählt man daher bald sehr harte und feste Geschosse (gepanzerter Granaten der Artillerie, Mantelgeschosse der Infanterie), denen ein großes Perkussionsvermögen innewohnt, bald weichere Projektile, deren Gefüge leichter verändert wird.

Hierhin gehören auch die von uns schon beschriebenen sogenannten Dum-Dumgeschosse. Alle die Schnitte im Mantel, das freie Hervorragen der Bleispitze, die ausgestanzte Höhlung bezwecken nur eine Stauchung im Momente des Auf-

Fig. 15b.



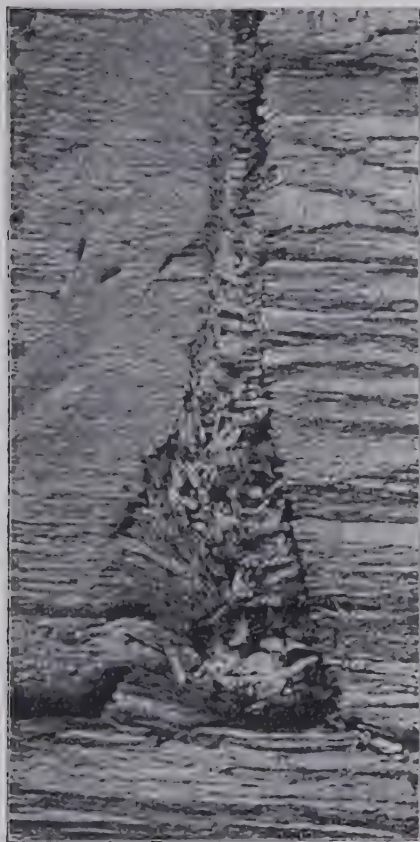
Schuß mit Hohlspitzengeschöß in trockenes Buchenholz  
auf 25 m Entfernung. (Nach v. Bruns.)

treffens, eine Vergrößerung des Querschnittes und damit eine erheblichere Breitenwirkung. Sehr instruktiv sind die Tafeln, welche v. Bruns <sup>1)</sup> zur Darstellung der verschiedenen Lei-

1) von Bruns, Ueber die Wirkung der Hohlspitzengeschosse, S. 21 ff.

stungen dieser Projektilen veröffentlichte (Fig. 15). Das Vollmantelgeschöß erzeugte in trockenem Buchenholz einen überall gleichmäßigen Kanal von 54 cm, das Hohlspitzen-

Fig. 15c



Schuß mit Bleispitzengeschöß in trockenem Buchenholz  
auf 25 m Entfernung. (Nach v. Bruns.)

geschöß von 14 cm Länge. Der erste Teil des letzteren ist 6, der zweite 8 cm lang; sein Durchmesser steigt von 8 auf 36 mm. Beim Bleispitzengeschöß dagegen erweitert sich



der Schußkanal vom Einschusse aus allmählich; seine Länge beträgt nur 12 cm, der größte Durchmesser 4 cm.

Weitere für die Wirkung in Betracht kommende Faktoren sind die Gestalt und das Kaliber des Projektils. Mit zunehmender Größe seines Querschnittes verringert sich auch die Durchschlagsleistung, während die Breitenwirkung sich steigert. Die Gestalt ist insofern von Einfluß, als diejenigen Formen, welche besonders geeignet sind, den Luftwiderstand zu überwinden, im allgemeinen auch ein großes Perkussionsvermögen haben<sup>1)</sup>. Es sind dies Geschosse mit glatter Oberfläche, bedeutender Querdichte und schlanker Spitze. Eine übermäßige Länge und Zartheit der letzteren begünstigt allerdings bei schrägem Auftreffen auf den Körper und beim Durchdringen von Geweben verschiedener Festigkeit ein Pendeln, eventuell ein Ueberschlagen des Geschosses, so daß dadurch seine Durchschlagskraft gemindert, die Breitenwirkung allerdings gesteigert wird.

Wenn wir nach diesen Gesichtspunkten die einzelnen noch jetzt gebräuchlichen Gewehrprojekte miteinander vergleichen, so sehen wir, daß die älteren Bleigeschosse das höhere Gewicht und das größere Kaliber, dagegen die geringere Geschwindigkeit, die modernen Mantelgeschosse die größere Geschwindigkeit, hingegen einen kleineren Querdurchmesser und eine geringere Masse besitzen.

Die sich aus den genannten Faktoren ergebenden Leistungen eines älteren Armeegeschosses (M. 71) und eines modernen 8 mm kalibrigen Projektils (M. 88) zeigt die nachfolgende Tabelle:

Entfernung m	M. 71 Kal. 11 <sup>2)</sup>		M. 88 Kal. 8 <sup>3)</sup>	
	Geschwindig- keit	lebendige Kraft	Geschwindig- keit	lebendige Kraft
0	459	268,4	640	314
100	390	193,8	566	223
300	313	124,8	443,8	145
600	253	81,54	319,5	76
900	218	60,56	272,2	58
1200	195	48,44	139,5	45

1) Wille, Waffenlehre, 1901, S. 836.

2) Nach Reger, Neue Beobachtungen. Deutsche militärärztliche Zeitschrift, Bd. 16.

3) Nach M. A., S. 17.



Auf ungefähr 800 m ist demnach die lebendige Kraft beider einander gleich, jedoch noch nicht ihre Durchschlagskraft, da der Querschnitt von M. 71 größer ist als von M. 88. Erst auf ca. 1600 m Entfernung ist die Tiefenwirkung beider Projektile dieselbe, vorausgesetzt, daß keine Deformation eingetreten ist.

Der letzte noch zu erwähnende, für die Wirkung bedeutsame Unterschied zwischen den beiden Gewehrgeschossen liegt in dem Vorhandensein resp. dem Fehlen des Mantels. Die feste Umhüllung des weichen Kerns verhindert seine Stauchung beim Auftreffen auf die verschiedenen Widerstände im Körper und erhöht somit die Durchschlagskraft, während das nackte Blei leichter deformiert wird. Dadurch wird die Wirkung in die Tiefe vermindert, in die Breite allerdings begünstigt.

Die Gestalt der beiden besprochenen Geschößarten ist dieselbe, sie sind zylindro-ogival; diese Form macht sie ganz besonders geeignet, die Widerstände in der Luft, sowie im Körper zu durchdringen. Sowohl ihre Flugweite als auch ihre Durchschlagskraft sind deshalb auch bedeutend größer, als bei den runden Shrapnelkugeln. Wenn diese auch beim Krepieren der Hülse auf 2000 m Distanz nach den Berechnungen des Schweizer Obersten A. Roth<sup>1)</sup> eine mittlere Geschwindigkeit von 312 m haben, so vermindert sie sich doch schnell, beträgt nach Zurücklegung von 200 m nur noch 149 und ist nach noch weiteren 250 m überhaupt erloschen. Es verlieren demnach die Füllkugeln ihre Flugkraft ungefähr 10 mal so schnell, als die Gewehrprojekteile. Ihre Durchschlagsfähigkeit ist ebenfalls bedeutend geringer, als die der letzteren. Ein schweizerisches Ordonnanzgeschöß von 13,8 g Gewicht dringt bei  $V = 190$  m (Distanz 1500 m) in trockenes Tannenholz 16 cm, eine Shrapnelkugel von 12,5 g und 200 m  $V$  nur 6 cm tief ein. Die aufgewendete Kraft, ebenso die Wirkung sind in beiden Fällen dieselben; die verdrängte Holzsäule betrug 7,0 resp. 7,32 qcm.

Wir haben schon gesehen, daß die Geschwindigkeit der Kugeln nach dem Bersten der Hülse nicht gleich ist; daher ist auch ihre Wirkung sehr verschieden. Ich sah daher bei

---

1) Bircher, Die Wirkung der Artilleriegeschosse, 1899, S. 10.

Verwundungen durch dasselbe Shrapnel an demselben Menschen einestails kurze, blinde Weichteilschusskanäle, andererseits schwere, perforierende Knochenverletzungen.

Eine bedeutend höhere Geschwindigkeit haben die Sprengstücke, in welche die Artilleriegeschosse zerfallen; sie beträgt nach Schjerning<sup>1)</sup> bei der deutschen Feldgranate 430, bei der Feldhaubitzzgranate ca. 1000 m in der Sekunde. Die lebende Kraft ist daher selbst bei kleinen Splintern unmittelbar nach der Explosion sehr bedeutend, erlahmt aber bald infolge des Luftwiderstandes. In nächster Entfernung von der Stätte des Kriechens hatten Splitter von 2—6 g Gewicht lebensgefährliche Durchbohrungen der großen Körperhöhlen und Zerreißen von Eingeweiden zur Folge. Ein Bruch des Oberschenkels war durch einen 0,39 g schweren Splitter erzeugt.

Die Wirkung von Volltreffern ist bei der großen Masse der nicht explodierten Granate ganz gewaltig; wenn es sich nicht um Extremitätenschüsse handelt, tritt bei lebenden Wesen meist der sofortige Tod ein. Verwundungen durch unkrepierte 3,75 cm Maximbomben tragen allerdings infolge ihrer geringeren Geschwindigkeit und des niederen Gewichtes, wie auch die Erfahrungen des Burenkrieges zeigten, oft einen relativ milden Charakter.

Schließlich wird das Schußresultat von Seiten des Projektils noch beeinflusst durch den Winkel, unter welchem dasselbe auf das Ziel auftrifft. Es wird u. a. hierdurch die Gestalt und Größe der Oeffnungen in den äußeren Bedeckungen des Körpers, den Fascien, serösen Häuten mitbestimmt, ebenso der Typus und die Anordnung einer Fraktur. So entstehen z. B. einfache Quer- oder Schrägbrüche der Diaphysen bei Tangentialschüssen, bei senkrecht auftreffenden Geschossen, welche hierbei einen erheblichen Verlust an lebendiger Kraft erleiden, dagegen bedeutende Zerstörungen des Knochens.

Auf Seiten des Zieles hängt die Wirkung des Projektils hauptsächlich ab von dem Widerstande des getroffenen Körpers, welcher in seiner Festigkeit und rückwirkenden

---

1) Schjerning, Die Schußverletzungen durch die modernen Feuerwaffen. Archiv für klinische Chirurgie, 64. Bd., Heft 1.

Kraft beruht<sup>1)</sup>. Letztere steht in einem bestimmten Verhältnisse zur Geschoßenergie, mit deren Steigerung auch sie entsprechend, d. h. wachsend mit dem Quadrate der Geschwindigkeit, zunimmt. So kommt es z. B., daß ein Projektil von mittlerer Geschwindigkeit tiefer in Wasser eindringt, als ein sehr schnell dahinfliegendes. Die zur Ueberwindung des höheren Widerstandes am Ziele notwendige Kraft ist beim Schusse aus nächster Distanz weit größer, als beim Fernschusse.

Die Festigkeit eines Körpers hängt von der Verbindung seiner kleinsten Teile, der Moleküle ab. Je inniger diese an einander gefügt sind, desto größeren Widerstand leisten sie dem Andringen einer Gewalt, und umgekehrt. So lange die einwirkende Energie nicht den Elastizitätsmodul überschreitet, ist die eintretende Formveränderung nur vorübergehend; sie wird erst dauernd, wenn diese Grenze nicht innegehalten wird. Die Festigkeit und Elastizität des Zieles gehören demnach zu den wichtigsten Faktoren, welche die Wirkung eines Schusses bestimmen. Die einzelnen Gewebe, aus denen der menschliche und tierische Organismus zusammengesetzt ist, haben nach dieser Richtung hin recht verschiedene Dignität; wir finden sehr feste Gebilde, wie die Diaphysen der langen Röhrenknochen, andererseits nur wenig widerstandsfähige Substanzen, wie die flüssigen Bestandteile, Blut, Harn u. dergl. Dazwischen bestehen die mannigfachsten Abstufungen. Ebenso verschieden ist die Elastizität der einzelnen Teile des Körpers. Sehr hoch ist dieselbe bei der Haut und Muskulatur, sowie der Lunge; sehr gering bei den Knochen, den Drüsen, Dura mater u. s. f.

Werden vollkommen elastische Ziele beschossen, so kehren die getroffenen Teile später wieder sämtlich in ihre frühere Lage zurück; es entsteht also keine dauernde Formveränderung. So konnte bei den Versuchen der Medizinalabteilung<sup>2)</sup> eine Ausschußöffnung im Hufbein eines Pferdes überhaupt nicht gefunden werden. Gewebe von solch' hervorragender Elastizität, daß selbst beim Beschusse auf 100 m Distanz mit einem modernen, kleinkalibrigen Gewehrprojektil kein Substanzverlust entsteht, sind jedoch im menschlichen

---

1) Medizinalabteilung, S. 473.

2) l. c. S. 307.

Körper nicht vorhanden. Damit die direkt getroffenen Teile sämtlich ausweichen können, muß die Geschoßgeschwindigkeit schon eine Herabminderung erfahren haben. Wir sehen deshalb, wie die Größe der Oeffnungen in den elastischen Geweben mit der steigenden Entfernung des Schützen im allgemeinen immer mehr abnimmt. Unter günstigen Bedingungen, d. h. bei senkrechtem Auftreffen und kleinem Querschnitte des Geschosses, sowie weiter Distanz ist oft überhaupt kein Defekt wahrzunehmen. Die entstandenen Oeffnungen sind meist nicht punktförmig, sondern stellen infolge einer einseitigen Gewebsspannung einen mehr oder weniger langen Schlitz dar, welcher in der Spaltrichtung verläuft, so bei der Haut, den Sehnen, Aponeurosen. Bei allseitig gespannten Membranen, z. B. dem Peritoneum, kommt es trotz hoher Elastizität nicht zur Durchbohrung ohne Defekt. Hier bildet der Substanzverlust die Regel, ebenso wie bei Geweben, welche auf einer unnachgiebigen Unterlage, wie Knochen, ruhen.

Beim Durchdringen eines Körpers erleidet das Projektil einen Verlust an lebendiger Kraft, welcher mit der Festigkeit des getroffenen Gegenstandes und der Geschwindigkeit des Geschosses wächst. Die Einbuße an Energie ist deshalb nicht nur bei sehr festen Zielen, z. B. den Diaphysen der langen Röhrenknochen, sehr groß, sondern auch bei Schüssen, welche aus naher Distanz auf flüssige oder breiige, also anscheinend sehr wenig widerstandsfähige Gewebe abgefeuert sind. Im entsprechenden Verhältnisse steht die Arbeitsleistung des Geschosses, welche sich in seinen Wirkungen zu erkennen gibt. Diese äußern sich im ersten Falle hauptsächlich in der Zerstörung einer bedeutenden Festigkeit, welche bei Flüssigkeiten nur eine geringere Rolle spielt. Trotzdem müssen natürlich dem großen Kraftverbrauche auch hier hohe Leistungen entsprechen.

Es haben daher Schüsse aus kurzer Entfernung mit modernen Projektilen auf feuchte Körper und Gewebe oft ganz enorme Wirkungen, deren Erklärung lange Zeit auf große Schwierigkeiten stieß. So fanden unsere Aerzte im Kriege 1870/71, in welchem Frankreich mit dem überlegenen Chassepot ausgerüstet war, nach den Nahkämpfen, z. B. bei Le Bourget, Metz, Wunden — kleine Einschüsse, gewaltige Hautausschüsse, aus denen die Weichteile in Fetzen herausgingen —, die man nach den damaligen Kenntnissen auf

Explosionsgeschosse zurückführen mußte. Bald aber zeigte es sich, daß die Vorwürfe, welche man dem Gegner deshalb machte, unberechtigt waren, daß diese schrecklichen Verletzungen die Folge von Schüssen aus nächster Nähe waren.

Unsere Aufgabe ist es nicht, an dieser Stelle den Theorien genauer nachzugehen, welche mit viel Scharfsinn, oft jedoch ohne jedes Experiment aufgestellt sind, um eine genügende Erklärung für die „Explosionswirkung“ moderner Gewehrprojektilen zu finden. Wir verweisen hier auf das Werk der Medizinalabteilung, in dem eine eingehende, zusammenfassende Widerlegung der älteren, von Busch, Melsens und anderen hochverdienten Kriegschirurgen vertretenen Anschauungen gegeben ist. Danach ist weder in der Rotationsbewegung des Geschosses, noch mitgerissener, komprimierter Luft, noch in der Deformation des Projektils und der dadurch hervorgerufenen Vergrößerung seines Querschnittes die Ursache für die gewaltigen Wirkungen der modernen Geschosse zu suchen.

Ebensowenig genügt zur Erklärung dieser Erscheinungen die früher viel verbreitete Theorie des „hydraulischen Druckes“. Hiernach sollte das Geschöß, welches plötzlich in einen mit Flüssigkeit gefüllten, allseitig geschlossenen hohlen Körper eindringt, in ihm eine Raumbegrenzung hervorrufen, und nun die verdrängte Flüssigkeit mit gewaltigem Drucke die äußeren Hüllen zu sprengen suchen. v. Coler und Schjerning zeigten durch zahlreiche Versuche, daß explosionsartige Wirkungen auch eintreten, wenn das beschossene Gefäß offen ist, von einer Raumbegrenzung also keine Rede sein kann; weiter wiesen sie nach, daß der Druck, welchen das Projektil auf die Wandungen ausübt, nicht an jeder Stelle der Kapsel der gleiche ist, wie es ja sein müßte, wenn es sich um einen hydraulischen Druck im physikalischen Sinne handelte. Die Medizinalabteilung führte vielmehr die beschriebenen Erscheinungen auf den „hydrodynamischen“ Druck zurück, eine Anschauung, welche wohl heute in ihren Grundzügen allgemein anerkannt ist.

Dringt ein Geschöß in eine Flüssigkeit ein, so überträgt es einen Teil seiner Geschwindigkeit auf das durchsetzte Medium. „Die dem Geschöß zunächst liegenden Wasserteilchen erhalten eine Geschwindigkeit, welche von derselben



Größenanordnung ist, wie die Geschößgeschwindigkeit, und diese Teilchen übertragen die Geschwindigkeit weiter auf die ihnen benachbarten Wasserteilchen und so fort, so daß eine ziemlich große Wassermasse eine außerordentliche Geschwindigkeit erhält. Die Arbeitsleistung eines Geschosses im Wasser besteht also wesentlich in der Abgabe seiner Geschwindigkeit an das umgebende Wasser und zwar an eine ziemlich umfangreiche Wasserzone.“

Flüssige Körper sind so gut wie inkompressibel; da ihre kleinsten Teile deshalb nicht zusammenrücken können, wenn sie durch das Geschöß beiseite gedrängt werden, so müssen sie sich in Bewegung setzen. Infolge der großen Geschwindigkeit, welche ihnen durch den Stoß des Projektils mitgeteilt wird, sind sie instande, gewaltige Zerstörungen zu verursachen.

Somit handelt es sich hier um die Wirkung „bewegter Massen“, nicht einer Stoßwelle<sup>1)</sup>.

Die Bewegung der Flüssigkeitsteilchen erfolgt in den Linien des geringsten Widerstandes, also nicht nur nach vorn in der Richtung auf das Ziel, sondern auch seitlich und rückwärts. So sehen wir denn die Ränder des Einschusses sich nach außen hin vorstülpen und nehmen wahr, daß ein Teil der beschossenen Flüssigkeit mit großer Gewalt auf den Schützen zu geschleudert wird.

Neuere Untersuchungen zeigen, daß außer den primären Pressungsvorgängen, welche direkt durch den Stoß des Projektils hervorgerufen werden, sekundäre Erscheinungen sich wahrnehmen lassen, welche auf die mit Macht in den momentan ein Vakuum darstellenden Schußkanal einströmende Luft zurückzuführen sind<sup>2)</sup>. Der Druck der äußeren Atmosphäre ist so stark, daß dadurch selbst größere Partikel, wie z. B. Knochensplitter, sowohl vom Einschusse als auch vom Ausschusse aus nach innen geworfen werden.

Je weniger fest nun die Verbindung zwischen den Molekülen, je geringer die äußere und innere Reibung im durch-

---

1) Vergl. Cranz und Koch, Ueber die explosionsartige Wirkung moderner Infanteriegewehre. Annalen der Physik, 4. Folge, Bd. 3, S. 247 ff.

2) Hildebrandt, Zur Erklärung der Bewegungsvorgänge bei Explosionsschüssen. Archiv für klin. Chirurgie, Bd. 72, Heft 4.



schossenen Körper, je wasserreicher derselbe, desto größer ist auch die Wirkung des Schusses.

Die meisten Gewebe und Organe des menschlichen Körpers enthalten viel Flüssigkeit, so

Harn . . . . .	96	‰
Blut . . . . .	77,9	‰
Muskulatur . . . . .	77,8	‰
Milz . . . . .	78,0	‰
Leber . . . . .	76,8	‰
Gehirn . . . . .	76,1	‰
Graue Substanz . . . . .	81,6	‰
Weißer Substanz . . . . .	68,3	‰
Knorpel . . . . .	54—70	‰
Knochen (kompakte Kortikalis)	11—12	‰
[nach Gorup-Besanez <sup>1)</sup> ].		

Wir können deshalb bei allen diesen Organen Sprengwirkung erwarten, sobald die Geschwindigkeit des Projektils eine gewisse Größe erreicht hat. Dies ist in der Tat der Fall, wie wir später sehen werden. Natürlich ist die Explosion größer, wenn die Flüssigkeit von einer spröden, unachgiebigen Kapsel, wie das Gehirn vom Schädel, umgeben ist, als wenn sie, wie z. B. die Muskulatur von der Haut, von einer elastischen, dabei sehr festen Membran umhüllt ist.

---

1) Reger in „Deutsche militärärztliche Zeitschrift“, 16. Jahrgang, S. 167.



## Teil II.

# Die Verwundungen durch die modernen Kriegsfeuerwaffen.

---

### Abschnitt 1.

## Die allgemeine Charakteristik und Symptomatologie der Verwundungen.

---

### Kapitel 1.

#### Die Einteilung und allgemeine Charakteristik der Schußverletzungen.

Man hat früher die Schußverletzungen des Körpers in Schüsse mit Explosionswirkung, mit intensiv lebendiger Kraft, mit lebendiger und endlich mit erlöschender Kraft des Projektils eingeteilt. Die Wirkung eines Geschosses nimmt jedoch nicht sprungweise, sondern allmählich und gleichmäßig mit der sinkenden lebendigen Kraft ab; es gibt daher auch keine genau von einander abzugrenzenden Zonen der Geschoßwirkung. Abgesehen hiervon ist es nur bei einem kleinen Prozentsatze aller Fälle möglich, aus der Untersuchung festzustellen, ob eine Wunde von einem Projektil mit intensiv lebendiger oder erlöschender Kraft herrühre. Ich will zugeben, daß man dazu bei Knochenverletzungen häufiger imstande sein wird; bei reinen Weichteilwunden ist das Gegenteil die Regel. Die einzelnen Gewebe des menschlichen Körpers setzen dem andringenden Geschosse einen so verschiedenen Widerstand entgegen, daß auch die Wirkungen des Projektils ganz verschieden ausfallen. Das eine Organ erleidet große Zerstörungen auf Entfernungen, in welchen ein anderes lochförmig durchbohrt

wird. Es kann daher von einer gleichmäßigen Verletzung aller Gewebe innerhalb bestimmter Zonen keine Rede sein.

Immerhin tragen eine ganze Reihe von Verletzungen einen gemeinsamen Charakter, welcher zum Teil auf der lebendigen Kraft des Projektils, zum Teil auf dem Winkel, unter welchem dasselbe auf den menschlichen Körper auftrifft, basiert. Wir unterscheiden hiernach mehrere Kategorien von Verwundungen durch Feuerwaffen, von denen die erste die Kontusions- oder Prellschüsse bilden.

Es sind dies Verletzungen von sehr verschiedener Dignität, welche eine geringe Energie der angreifenden Gewalt zur Voraussetzung haben. Begünstigt wird ihre Entstehung durch ein tangenciales Auftreffen des Projektils. Je größer dessen Querschnitt, desto erheblicher fällt auch die Verwundung aus. Während Prellungen durch die modernen kleinkalibrigen Gewehrprojekte selten und meist geringfügiger Natur sind, können Kontusionen durch Shrapnellfüllkugeln oder die alten Bleigeschosse schon einen ernsteren Charakter tragen. Am gefährlichsten sind derartige Verletzungen durch grobes Geschütz.

Das gemeinsame Kennzeichen aller Prellschüsse bildet das Fehlen einer Kontinuitätsaufhebung der äußeren Bedeckungen des Körpers.

Im Gegensatz zu ihnen stehen die Wunden, bei denen Haut oder Schleimhaut durchtrennt ist. Hier unterscheidet man wiederum zwei Gruppen von Verletzungen, einmal Streifschüsse und zweitens penetrierende Schüsse. Erstere entstehen durch Projektile, welche so stark tangential auf den Körper treffen, daß sie ihn nicht mehr mit ihrer ganzen Oberfläche berühren. Je kleiner und durchschlagskräftiger ein Projektil ist, desto seltener findet man solche Verletzungen; ihre Frequenz nimmt zu mit wachsender Größe des Kalibers. Daher begegnete man ihnen in früheren Feldzügen weit häufiger, als jetzt.

Ebenso wie die übrigen Arten der Schußverletzungen, stellen auch die Streifschüsse Quetsch- und Rißwunden dar. Man hat bekanntlich früher viel darüber diskutiert, wozu dieselben eigentlich zu rechnen sind; trotzdem die verschiedensten Ansichten darüber laut wurden, wurde keine Einigung erzielt. Wir wollen Erörterungen darüber an dieser Stelle unterlassen; da wir bei keiner Schußverletzung, wenn wir genauer danach suchten, sei es auch

nur an der Hauteingangsöffnung, Zeichen einer Kontusion vermißten, so rechnen wir sie, wohl in Uebereinstimmung mit den meisten Kriegschirurgen, den Quetschwunden zu.

Unter den penetrierenden Schüssen versteht man röhrenförmige Wunden. Die Haut wird von dem Projektil durchbohrt; der von ihm zurückgelegte Weg wird später von dem Schußkanale eingenommen, welcher entweder offen an einer beliebigen Stelle des Körpers (perforierend) oder blind in den Weichteilen resp. seltener dem Knochen endet. Der letzte Fall ist seit der Anwendung der modernen Feuerwaffen eng mit der Deformation der Kugel verknüpft; wir sind daher bei der Besprechung dieser Frage hierauf näher eingegangen.

Nach dem Verlaufe, welchen das Projektil genommen hat, und seinen Wirkungen bezeichnen wir noch einzelne hier-nach zusammengehörige Gruppen von Wunden mit besonderem Namen. Es sind dies einmal die Haarseilschüsse, bei denen der Kanal nicht über das Unterhautzellgewebe hinausgeht, so daß der Vergleich mit dem in der älteren Medizin vielgebrauchten Haarseile nicht unpassend ist. Sie haben infolge der Verkleinerung des Kalibers gegenüber früheren Feldzügen bedeutend zugenommen und zeigen in ihrem anatomischen Charakter viel Aehnlichkeit mit den Streifschüssen. Manchmal erreichen dieselben eine stattliche Länge; ich sah solche von 30 cm und darüber (vergleiche Fig. 18, 9).

Eine weitere Gruppe, welche viel Interesse erweckt hat, bilden die Kontur- oder Ringelschüsse. Die Möglichkeit ihres Vorkommens ist von einer großen Zahl von Kriegschirurgen geleugnet worden; durch unseren Kriegs-Sanitätsbericht 1870/71 sind sie jedoch zweifellos festgestellt worden.

Man unterscheidet äußere und innere Konturierungen. Bei den ersteren verläuft der Schußkanal dicht unter der Haut, um eine der großen Körperhöhlen, den Hals, ein Gelenk oder einen Knochen; bei den letzteren im subserösen Bindegewebe rund um das Cavum pleurae, den Peritonealraum. Die erstgenannten sind leicht zu erklären. Ein mattes, unter einem spitzen Winkel auftreffendes Projektil besitzt nur so viel Kraft, die Haut samt dem subkutanen Gewebe, nicht aber die darunter liegenden Gebilde, Fascien und Knochen zu durchbohren. Es rikochettiert, vermag aber nunmehr nach Verlust eines weiteren Teiles seiner Energie

nicht mehr die Cutis zu durchdringen und wählt, wie man dies bei jedem in Bewegung gesetzten Medium mehr oder weniger deutlich wahrnehmen kann, den Weg, auf welchem es den geringsten Widerständen begegnet, das lockere Unterhautzellgewebe. Schwerer sind die inneren Konturierungen zu verstehen; die sind es denn auch hauptsächlich, deren Existenz in Abrede gestellt wurde. Doch konnten sie noch in neuester Zeit durch Küttner<sup>1)</sup> sichergestellt werden, welcher durch Röntgenstrahlen einen Ringelschuß des Peritoneums nachwies. Man muß hier annehmen, daß das Projektil von der straff gespannten, sehr elastischen Serosa zurückgeworfen wird. Voraussetzung ist wohl, daß die Lunge in Inspirationsstellung, die Därme gebläht sind, damit ihre Widerstandsfähigkeit verstärkt ist.

Die alten Kriegschirurgen ließen ihrer Phantasie bei der Berichterstattung über Ringelschüsse viel freien Spielraum, wie ihre Erzählungen beweisen. Kugeln sollen den Thorax oder die Bauchhöhle mehrfach umkreist haben; Hennen schildert sogar, daß ein Geschoß in der Gegend des Kehlkopfes eintrat, subkutan um den Hals drang und ihn an der Eingangsöffnung wieder verließ. Das steht allerdings fest, daß zur Zeit der Verwendung von Rundkugeln Konturierungen weit häufiger waren, als jetzt bei Benutzung von Langgeschossen. Aus dem Boerenkriege ist überhaupt kein Fall einer solchen Verletzung berichtet worden; ebenso haben unsere Experimentatoren keinen nachzuweisen vermocht. Nur bei Versuchen mit Shrapnels konnte die Medizinalabteilung derartige Beobachtungen am Thorax und an den Extremitäten machen<sup>2)</sup>. Die verhältnißmäßig geringe Kraft und die gleichmäßige Rundung von Kugeln begünstigt offenbar die Entstehung dieser Art der Verwundung.

Von solchen wahren, durch die Sektion namentlich von Klebs und Beck sicher gestellten Ringelschüssen muß man die falschen streng unterscheiden. Es sind dies Fälle, in welchen das Projektil anscheinend eine Höhle, einen Knochen oder ein Gelenk umkreist hat, der Schußkanal aber sofort einen geradlinigen Verlauf annimmt, sobald man den Körper

---

1) Küttner, Ueber die Bedeutung der Röntgenstrahlen für die Kriegschirurgie.

2) Schjerning, Thöle, Voss, Die Schußverletzungen usw., S. 138.



wieder in die Lage zurückbringt, welche er im Augenblicke der Verletzung einnahm.

Solche scheinbaren Konturierungen fand die Medizinalabteilung häufiger am Thorax<sup>1)</sup>; ich beobachtete eine derartige Verwundung bei einem Boeren, welcher in demselben Momente in die linke Seite des Unterleibes getroffen war; als er sein Bein in den Steigbügel setzte, um davonzureiten.

Man unterscheidet ferner die einfachen Weichteilverletzungen von den komplizierten Verwundungen, bei denen funktionell wichtige Organe lädiert wurden. Im Gegensatze zu den meisten Kriegschirurgen bin ich der Ansicht, daß die letzteren trotz der Verkleinerung des Kalibers an Zahl zugenommen haben<sup>2)</sup>. Dieselbe Erfahrung hat übrigens H. Fischer schon inbezug auf die 11 mm-Geschosse gegenüber den älteren, noch größeren Projektilen gemacht<sup>3)</sup>.

Zu den komplizierten Wunden müssen wir noch die Abreißungen großer Weichteilmassen und die Abschüsse ganzer Glieder rechnen. Beide sind meist auf grobes Geschütz zurückzuführen und werden daher hauptsächlich im Festungskriege angetroffen. Zur Zeit der Benutzung der älteren, großkalibrigen Bleigeschosse konnte man ab und zu beobachten, daß ganze Finger hierdurch fortgenommen wurden; unter der Herrschaft der kleinkalibrigen Gewehrprojektilen ist dies eine Seltenheit geworden. Nur bei Schüssen aus nächster Nähe, bei denen die Pulvergase wirksam sind, also auf Distanzen von wenigen Zentimetern bis höchstens einem Meter, bekommt man eine derartige Verletzung auch jetzt noch vereinzelt zu Gesichte.

Solche Nahschüsse sind meist nicht auf Kämpfe im Handgemenge, wobei die blanken Waffen und die Gewehrkolben zwischen den erbitterten Gegnern die Hauptrolle spielen, sondern auf Selbstverstümmelung zurückzuführen. Solange die Kriege von Menschen und nicht mit Maschinen ausgefochten werden, gibt es unter den Truppen stets Feiglinge, welche sich einer drohenden Schlacht auf jede Weise zu entziehen suchen. Das böse Beispiel wirkt ansteckend; es häufen sich daher oft absichtlich herbeigeführte Verwun-

---

1) Ueber die Wirkung und kriegschirurgische Bedeutung der neuen Handfeuerwaffen, S. 466.

2) Vergl. S. 100.

3) Handbuch der Kriegschirurgie, S. 48.

dungen. Ich habe im südafrikanischen Feldzuge nach der blutigen Schlacht bei Magersfontein selbst unter dem tapferen Boerenvolke, als es hieß, die Engländer wollten mit verstärkter Macht angreifen, eine derartige Epidemie miterlebt. Die Amerikaner konnten auf den Philippinen nur durch ganz energische Maßregeln diesem Unwesen steuern<sup>1)</sup>.

Aus naheliegenden Gründen nehmen sich diese Helden meist Weichteile oder Hand und Fuß zum Ziele, sodaß wir also auch noch beim Mantelgeschosse Abreibungen ganzer Glieder, d. h. von Fingern oder Zehen, zu sehen bekommen.

Die Abschüsse von Teilen einer Extremität, von großen Weichteilmassen und ausgedehnten Bezirken des Stammes, welche ihre Entstehung hauptsächlich nicht krepitierten Artillerieprojektilen oder schweren Sprengstücken verdanken, gehören zu den gefährlichsten Verletzungen, welche die Kriegschirurgie kennt. Betrifft die Verwundung den Rumpf oder Kopf, so findet man die Unglücklichen meist nicht mehr lebend auf dem Schlachtfelde vor; sie sterben infolge des Shockes schon bald nach dem Schusse. In manchen Fällen bekommt man allerdings solche Leute trotz unglaublich schwerer Verletzungen noch mit erhaltenem Bewußtsein in Behandlung.

So berichtete Donegan<sup>2)</sup>, daß mit voller Besinnung ein englischer Soldat in's Hospital gebracht wurde, dem der linke Oberschenkel in Atome zerschmettert, der rechte beinahe vollständig von den Hüftgelenken abgerissen, der rechte Radius und Ulna zu Pulver zermalmt, die Brustwand auf derselben Seite eingedrückt und der Humerus in den Thorax eingetrieben war. Ich selbst sah einen jungen Boeren noch eine Woche leben, dem fast die ganze rechte Brustseite durch ein großes Sprengstück fortgerissen war, so daß die zerfetzte Lunge in größerer Ausdehnung frei lag.

Die nach der Abreißung zurückbleibenden Wunden haben eine unregelmäßige Oberfläche, da die einzelnen Gewebe sich infolge ihrer ungleichen Spannung und Elastizität sehr verschieden retrahieren, so die Muskeln mehr als die Sehnen, deren Stümpfe daher weit hervorragten. Die Ränder sind zerrissen und gequetscht; Gefäße und Nerven liegen oft in großer Ausdehnung bloß. Auch die weitere Umgebung trägt

---

1) Reports of the surgeon general of the U. S. army.

2) British medical Journal, 1900, T. I, p. 1431.

meist die Spuren der Kontusion in Gestalt von Blutergüssen. Im Uebrigen sind solche Läsionen ganz atypisch und gleichen vollkommen unseren Beobachtungen bei schweren, auf maschinelle Einwirkung zurückzuführenden Unfällen in der Friedenspraxis.

Alle bis jetzt skizzierten Gruppen von Wunden verdanken ihre Entstehung der unmittelbaren Berührung mit dem Projektil resp. mit Teilen desselben; daneben gibt es aber auch noch Verletzungen, welche zwar auf den Schuß, nicht aber direkt auf das Geschoß zurückzuführen sind. Dazu gehören in erster Linie die Verbrennungen. Soweit dieselben durch erhitzte resp. glühende Pulvergase beim Abfeuern von Gewehrpatronen hervorgerufen werden, haben sie wenig kriegschirurgische Bedeutung, da sie fast nur bei Selbstmördern und Selbstverstümmelern vorkommen. Hierbei wird nicht nur die Haut an den unbedeckten Stellen des Körpers verbrannt, sondern auch noch durch eingedrungene Pulverkörner mechanisch verletzt. Die letzteren werden im Gewehrlaufe nur zu einem Teile in gasförmige Gestalt umgewandelt; ein anderer Teil bleibt unverändert und wirkt nun auf nahe Entfernungen wie feines Schrot. Die hierdurch erzeugte Färbung bleibt für alle Zeit bestehen. Diese Erscheinungen sind jedoch bei Benutzung der rauchschwachen Pulversorten weit geringfügiger, als unter der Verwendung des früher gebräuchlichen Schwarzpulvers.

Eine größere Beachtung beanspruchen die Verbrennungen des Körpers beim Krepieren von Granaten sowohl der Intensität der Verletzungen, als auch ihrer Zahl wegen. Namentlich gilt dies für den Seekrieg. So befanden sich unter 366 während des Feldzuges gegen China verwundeten Japanern 78, welche mehr oder weniger schwere Brandwunden erlitten hatten<sup>1)</sup>. 28 starben von ihnen direkt an den Folgen derselben; ein großer Teil der Genesenen mußte invalidisiert werden. Diese Verbrennungen an Bord der japanischen Schiffe waren einmal durch Flammenentwicklung beim Abfeuern der eigenen Kanonen hervorgerufen, zweitens durch Gase, welche beim Krepieren der feindlichen Granaten frei werden; in der Hauptsache aber mußten sie auf Entzündung

---

1) The surgical and medical history of the naval war between Japan and China during 1894/95. By Suzuki.

ihrer eigenen Munition durch einschlagende chinesische Geschosse zurückgeführt werden.

Wir wollen hier nicht näher auf die Schilderung der Brandwunden eingehen; ihr Charakter wird am besten illustriert durch die dem bekannten Werke von Suzuki entnommene Abbildung (Fig. 16). Der betreffende Patient wurde nach sechsmonatiger Behandlung entlassen.

Weiter müssen wir an dieser Stelle der Verletzungen gedenken, welche durch den Druck der beim Krepieren der feindlichen oder Abfeuern der eigenen Geschosse sich ent-

Fig. 16.



Brandwunden, durch Explosion von Munition verursacht. (Nach Suzuki.)

wickelnden Gase hervorgerufen werden. Auch sie spielen im Seekriege eine nicht unbedeutende Rolle. Im japanisch-chinesischen Feldzuge machten erstere 3,02%, letztere 2,23% aller Verwundungen aus<sup>1)</sup>.

Diese Verletzungen entstehen gewöhnlich so, daß die zu dicht neben den Mündungen ihrer Kanonen stehenden resp. in der Nähe einer berstenden Granate oder in Explosion geschossener Munition befindlichen Soldaten durch den gewaltigen Druck der plötzlich freiwerdenden Gase fortgeschleudert werden und hierbei verunglücken. Man findet dann von einfachen Quetschungen an aufwärts alle möglichen Läsionen.

1) l. c. S. 269.

Die Japaner beobachteten u. a. häufiger Luxationen des Ellbogens und Rückenmarkkontusionen.

In anderen Fällen wieder werden die Gewebe des Körpers direkt durch den Luftdruck geschädigt: am häufigsten kommen so Rupturen des Trommelfells zustande. Doch können auch

Fig. 16a.



Narbenkeloid nach Explosion von Munition. (Nach Suzuki.)

die gewaltigsten Zerreißen des menschlichen Körpers nur hierdurch hervorgerufen werden, wie die Erfahrungen bei Explosionen von Pulvervorräten beweisen. Weit geringer ist die Wirkung der beim Abfeuern und Krepieren der Geschosse entstehenden Gase: zuweilen sind jedoch auch darauf tödliche Verletzungen zurückzuführen. So behandelten wir während



des letzten südafrikanischen Feldzuges einen jungen Boeren, welcher, gebückt auf dem Boden sitzend, durch eine über ihm krepierende Sprenggranate in sich zusammengepreßt wurde. Eine Lähmung der unteren Körperhälfte wurde die Ursache des Todes; die von mir ausgeführte Sektion wies einen Bruch des dritten Brustwirbels nach, welcher offenbar durch die gewaltsame Biegung des Rumpfes herbeigerufen war.

Zuletzt müssen wir an dieser Stelle einer vielumstrittenen Gruppe von Verletzungen Erwähnung tun, welche als Luftstreifschüsse bezeichnet werden. Viele ältere Chirurgen waren der Ansicht, daß schon durch das bloße Vorüberfliegen eines groben Geschosses ein Mensch getötet werden oder wenigstens eine schwere Schädigung seiner Gesundheit erleiden könne. Es war dies eine auch unter den Soldaten allgemein verbreitete Meinung, welche sich angeblich auf zahlreiche Beobachtungen auf den Schlachtfeldern stützte. In neuester Zeit wird diese Anschauung wohl meist für irrig gehalten, da einmal eine Erklärung für solche Vorkommnisse nicht gegeben werden konnte und zweitens das Experiment an Tieren völlig im Stich ließ<sup>1)</sup>. Aus den letzten Feldzügen liegen nun wieder Erfahrungen einwandfreier Autoren vor, die beweisen, daß man die Luftstreifschüsse wohl zu früh in das Reich der Fabel verwiesen hat. So schreibt z. B. Küttner, daß er Betäubungen und leichte Gehirnerschütterungen infolge Vorbeifliegens großer Granaten öfters gesehen hat<sup>2)</sup>. Aehnliche Wahrnehmungen haben englische Schriftsteller gemacht. Auch der japanische Kriegssanitätsbericht 1894/95 schilderte eine schwere Kontusion beider Bulbi, welche kaum auf eine andere Weise gedeutet werden kann.

Eine nicht krepierete 15 cm-Granate war dicht an den Augen eines japanischen Seesoldaten vorbeigeflogen; später fand sich ein Bluterguß in beiden Augäpfeln. Da die Nichtexistenz der Luftstreifschüsse erwiesen, — argumentieren die Autoren, — so sei auch diese sonst am nächsten liegende Deutung nicht möglich, und führen die Verletzung auf eine Kollision mit anderen Verwundeten zurück<sup>3)</sup>.

Wir stellen uns daher auf den Standpunkt von Pirogoff und halten derartige Verletzungen nicht schon deshalb für

---

1) R. Köhler, Die modernen Kriegswaffen, S. 437.

2) Küttner, Kriegschirurgische Erfahrungen, S. 107.

3) l. c. S. 278 ff.

unmöglich, weil wir noch keine ausreichende Klarheit über ihre Entstehung haben.

Unserer Ansicht nach ist in dem plötzlichen Wechsel in der Dichtigkeit der Luft, welcher sich während des kurzen Augenblickes vollzieht, in dem das Projektil am Körper vorbeifliegt, die Ursache selbst für schwere Verwundungen gegeben; wissen wir doch durch Beobachtungen an Kissonarbeitern, wie gefährlich gerade diese Schwankungen des Druckes sind. Gleichwie aber hierbei nicht die Erhöhung desselben, sondern seine momentane Herabminderung das schädigende Moment ist, so auch beim Geschosse. Vor und neben ihm befindet sich eine komprimierte Luftsäule, hinter ihm beinahe ein Vakuum, wie wir von Machs Versuchen her wissen. Daß gerade die zartesten Gewebe des menschlichen Körpers, Gehirn, Rückenmark und Sinnesorgane am meisten durch diese plötzliche Druckschwankung leiden, ist wohl nicht weiter wunderbar.

## Kapitel 2.

### Die ersten Zeichen der Schußverletzung.

#### A. Die von dem Gefäßsysteme abhängigen Symptome der Verwundung.

Die äußere Blutung ist bei Schußwunden meist nur gering; auch die Erfahrungen der letzten Kämpfe in Südafrika haben uns keines anderen belehrt. Seit langem ist den im Felde tätigen Aerzten aller Nationen die Tatsache aufgefallen, daß sie kaum in die Lage kamen, auf dem Verbandplatze eine bedeutende primäre Blutung stillen zu müssen. Die Seltenheit derselben wird von allen hervorragenden Kriegschirurgen aus der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts Stromeyer, Neudörfer, Billroth u. a. betont; dieselbe Anschauung vertritt auch unser Sanitätsbericht von 1870/71. Zwar berichtete Pirogoff<sup>1)</sup>, daß täglich auf die Verbandplätze vor Sebastopol mehr oder weniger erhebliche primäre

---

1) Pirogoff, Grundriß der allgemeinen Kriegschirurgie, S. 319.

Blutungen gebracht wurden; doch erforderten dieselben niemals die Ligatur eines großen Arterienstammes. Dann aber muß man sich bei dieser Schilderung daran erinnern, daß der Autor seine Erfahrungen im Belagerungskriege sammelte, während dessen es hauptsächlich Verwundungen durch Artilleriegeschosse zu behandeln gab. Wie wir sehen werden, bedingt im allgemeinen die Größe der Hautöffnungen die Ausdehnung der äußeren Blutung, — an eine innere konnte sich damals auch der geniale Pirogoff kaum heranwagen —; es lassen sich daher die Beobachtungen an Verletzungen durch Geschütz nicht so ohne weiteres auf die Gewehrschußwunden übertragen, sondern bedürfen der Modifikation.

Je kleiner die Hautöffnungen sind, je mehr Neigung die Ränder der Schußkanäle verspüren, sich aneinander zu legen, desto geringfügiger fällt auch die äußere Blutung aus; sie ist daher bei Verwundungen durch die kleinen Projektile der modernen Handfeuerwaffen meist nur unbedeutend und pflegt zum spontanen Stillstand gekommen zu sein, wenn der Patient in ärztliche Behandlung gelangt; fehlt allerdings nie ganz. Am geringfügigsten ist dieselbe naturgemäß bei reinen Weichteilschüssen, weit erheblicher bei Verletzungen der Knochen, namentlich dann, wenn dieselben, wie Unter- und Oberkiefer, Tibia, dicht unter der Haut liegen. Das Blut, welches aus den zerrissenen Gefäßen des Markes und den oft enormen Zertrümmerungsherden in der Muskulatur stammt, kann in solchen Fällen durch die großen Ausschußöffnungen leicht ins Freie gelangen.

Sind Gefäße mittleren und größeren Kalibers verletzt, so kann die äußere Blutung eine große Ausdehnung annehmen, ist jedoch zuweilen auch nur gering. Selbst Durchbohrungen der Schenkelschlagader sind aus diesem Grunde unerkannt geblieben, bis die Entwicklung eines Aneurysma darauf hinwies. Küttner<sup>1)</sup>, mit dessen Erfahrungen die meinen übereinstimmen, gibt an, daß bei 12 von ihm beobachteten, hierhin gehörigen Fällen die äußere Blutung 6mal als sehr stark, einmal als mäßig, 4mal als unbedeutend und einmal als geringfügig bezeichnet werden mußte.

Alle diese Patienten kamen mit dem Leben davon, mit

---

1) Küttner, Kriegschirurgische Erfahrungen aus dem südafrikanischen Kriege 1899/1900, S. 18.

Ausnahme eines einzigen, welcher 14 Tage nach der Verwundung an Nachblutungen und Sepsis starb.

Beobachtungen, daß Schüsse durch die größten Gefäße des menschlichen Körpers nicht von sofortigem Tode gefolgt sind, können allerdings nicht neu genannt werden, sondern sind schon seit langem gemacht worden. So sah Billroth<sup>1)</sup> Verletzungen der Arteria iliaca externa und der femoralis ohne alle Blutung verlaufen und berichtet in seinen chirurgischen Briefen, daß ein Soldat mit einem Loche in der Aorta, welches später durch die Sektion festgestellt wurde, den Transport vom Schlachtfelde bei Wörth bis ins Lazarett zu Karlsruhe überstanden hatte. Der Sanitätsbericht von 1870/71 verzeichnet unter 509 Läsionen mittlerer und großer Schlagadern durch Kriegswaffen, darunter solcher der Carotis communis, subclavia, axillaris, femoralis u. a., nur 41 = 8% bedenkliche primäre Blutungen; von den 380 an deutschen Heeresangehörigen ausgeführten Arterienunterbindungen entfallen nur 16 auf den Tag des Gefechts.

Unzweifelhaft hat sich die Gefahr der Verblutung aus Extremitätenwunden mit der Einführung der kleinkalibrigen Gewehrprojekte bedeutend verringert. So schreibt Makins<sup>2)</sup>: External haemorrhage from the great vessels of the limbs, or even of the neck, proved responsible for a remarkably small proportion of the death on the battlefield. Dasselbe ergibt sich aus einem Vergleiche der Prozentzahlen tödlicher Verletzungen der Gliedmaßen im Kriege 1870/71 unter der Herrschaft des alten Bleigeschosses und in den Kämpfen der Amerikaner auf Kuba und den Philippinen, welche mit Waffen modernster Konstruktion ausgefochten wurden.

Es hatten erlitten von 100 auf dem Schlachtfelde Gefallenen<sup>3)</sup> Wunden des

		Kopfes	Halses	Rumpfes	der Extremitäten
Deutsche	1870/71	49,2	3,2	45,0	2,6
Amerikaner	1898/99	40,8	5,8	51,8	1,6
„	1900/01	36,3	6,2	55,8	1,7

1) Billroth, Chirurgische Briefe aus den Feldlazaretten.

2) Makins, Surgical experiences in South Afrika, p. 114.

3) Kriegssanitätsbericht 1870/71 u. Reports of the surgeon general of the U. S. army 1899—1902.

Da zudem in der amerikanischen Armee der Abgang durch Verwundungen der Gliedmaßen geringer war, als bei den Deutschen in Frankreich, so ist der Schluß, welchen wir aus der obigen Tabelle zogen, wohl gerechtfertigt.

Allerdings sah ich unter 62 im Gefechte zu Hopphu getöteten Boxern 4, welche das Opfer einer Blutung aus der Oberschenkelschlagader geworden waren. Diese Ziffer ist aber einmal zu klein, als daß sie den 7048 Schußverletzungen, welche im Heere der Vereinigten Staaten in den Jahren 1898 bis 1901 beobachtet wurden, gegenüber ins Gewicht fiel. Zweitens aber handelte es sich hier um einen Kampf aus kürzester Entfernung. Es ist leicht zu verstehen, weshalb bei Nahschüssen so häufig der Tod infolge Verblutung eintritt; hier sind die Schußkanäle weit und zerrissen, die Hautöffnungen oft abnorm groß, namentlich bei gleichzeitiger Knochenfraktur; das Blut kann sich somit, ohne großem Widerstande zu begegnen, in gewaltige Zertrümmerungshöhlen ergießen oder von da aus frei nach außen abfließen. Aus diesem Grunde ist auch das Verhältnis der Gefallenen zu den Verwundeten hier bedeutend ungünstiger, als bei den Kämpfen, welche auf weitere Distanz ausgefochten werden.

Im Gegensatze dazu kann das Blut durch die engen Schußkanäle und kleinen Hautöffnungen, wie sie sich meist bei Kleinkaliber-Verletzungen aus mittlerer und größerer Entfernung vorfinden, nicht nach außen entweichen, zumal da das Glied die Stellung, welche es im Momente des Traumas innehatte, selten später noch beibehält, die einzelnen Schichten der Weichteile sich also gegeneinander verschieben müssen. Es entstehen daher bei Durchbohrungen größerer Gefäße oft gewaltige Schwellungen in der Muskulatur, namentlich aber den Interstitien und dem Unterhautzellgewebe, deren Druck schließlich das Gefäß komprimiert und so das Leben rettet. Das Hämatom kann so stark werden, daß der periphere Teil des Gliedes abzusterben droht. Ich behandelte einen Boeren, dem im Gefechte am Kodoesberge die Femoralis angeschossen war; hier schwoll Ober- und Unterschenkel bis zu den Knöcheln hin so hochgradig an, daß die Zehen eiskalt wurden, und wir die Entstehung einer Gangrän fürchteten.

Shrapnelwunden bluten mehr und reichlicher als Kleinkaliberverletzungen; dasselbe Verhalten zeigten die



Schüsse mit den alten Bleiprojektilen. H. Fischer<sup>1)</sup> hat nach dem Sturme auf die Düppler Schanzen die Arteria longa pollicis, die Circumflexa humeri anterior, die Radialis künstlich verschließen und eine große Zahl von kleineren Blutungen durch Kompression stillen müssen. Sind Gefäße von gleichem Kaliber durch moderne Mantelgeschosse verletzt, so braucht man sich kaum darum zu kümmern. Bei Wunden, welche durch Shrapnelkugeln hervorgerufen sind, liegen die Verhältnisse weit ungünstiger; beschreibt doch Treves<sup>2)</sup> einen Fall von Zerreißung der Arteria ulnaris, in welchem der Soldat sich nur durch ein improvisiertes Tourniquet das Leben retten konnte.

Die unregelmäßigen, stark gequetschten, von Granatsplittern und Teilen der Shrapnelhülse herrührenden Wunden bluten meist sehr gering<sup>3)</sup>, verhalten sich somit genau wie die durch Maschinen herbeigeführten Verletzungen, welche wir in der Friedenspraxis zu Gesichte bekommen.

Weit gefährlicher als die äußere Blutung ist die innere. Ihr fallen noch immer eine große Zahl von Todesfällen auf dem Schlachtfelde zur Last, meiner Ansicht nach mindestens eben so viele, als dem Shocke und Traumen des Zentralnervensystems.

Es ist ganz gewiß kein Zufall, wenn unter den vier einzigen Sektionen auf der Stelle Gebliebener, welche ich ausführen konnte, dreimal der Tod hierauf zurückzuführen war. Lidell taxierte nach Beobachtungen im nordamerikanischen Kriege, die sich allerdings nur auf 43 Fälle erstreckten, die Zahl der einer inneren Blutung Erlegenen auf 50 %; dieser Schätzung schließt sich H. Fischer auf Grund seiner Erfahrungen im deutsch-französischen Feldzuge an. Verschiedene Autoren nehmen noch höhere Zahlen an. Wenn man bedenkt, daß unter den 1067 in den Jahren 1898—1901 gefallenen Angehörigen der amerikanischen Armee sich mindestens 50 % Rumpfschüsse (ohne Beteiligung des Rückenmarkes) befinden (vergl. die Tabelle auf Seite 79), und dabei berücksichtigt, daß dieselben größtenteils durch kleinkalibrige Geschosse, nur zu einem verschwindend kleinen Teile durch grobes Geschütz verursacht waren, der Tod sich also höchst selten auf Shock

1) a. a. O. S. 205.

2) British medical journal 1900, T. I, p. 535.

3) Vergl. The clinical and medical history of the war between Japan and China 1894/95, p. 375.

zurückführen lassen konnte, so muß man der Schätzung von Lidell auch für künftige Feldzüge zustimmen.

Diese hohe Ziffer erklärt sich neben der großen Zahl gefäßreicher Organe im Thorax und Abdomen aus den ungünstigen Bedingungen, welche hier für die Stillung des Blutes gegeben sind. Sie sind ja von unseren Laparotomieen her so bekannt, daß ich nicht darauf eingehen will. Es brauchen da nicht einmal Gefäße größten Kalibers getroffen zu sein; schon die Verletzung mittlerer oder zahlreicher kleinerer Arterien und Venen genügt zum Tode. Solche Fälle sind von uns<sup>1)</sup>, sowie den englischen Chirurgen in Südafrika leider nur zu oft beobachtet worden.

Während an den Extremitäten, dem Halse und Gesichte die venöse Blutung in ihrer Bedeutung sehr weit hinter der arteriellen zurücksteht, ist dies bei den Wunden des Thorax und der Bauchhöhle keineswegs der Fall. Ebenso können die Venen der Diploë des Schädels oft heftig bluten: unbedenklich sind jedoch die Verletzungen der Sinus durae matris.

Für die Stillung einer primären Blutung im Felde kommen drei Mittel in Betracht, die Ligatur, Tamponade und der Kompressionsverband.

Die radikalste dieser Behandlungsmethoden, die Unterbindung, konnte früher, wie schon erwähnt, selten eingeleitet werden, weil die anämische Ohnmacht und der Druck des Hämatomes die Gefahr meist schon beseitigt hatten, wenn die Verwundeten in die Hände des Arztes kamen, während diejenigen, bei welchen dieser Glücksfall ausblieb, schon vorher auf dem Schlachtfelde geendet hatten. Auch die Erfahrungen des Boerenkrieges haben dies wieder bestätigt; hier kam der Chirurg extrem selten in die Lage, das Leben eines Kämpfers durch die genannte Operation erhalten zu können. Ich selbst habe dieselbe nur einmal auf dem Schlachtfelde ausgeführt. Das Geschloß hatte die Oberschenkel Schlagader zerrissen, die zugehörige Vene geschlitzt; der Mann wurde hochgradig anämisch, bewußtlos, in extremis zu mir gebracht. Da die Blutung noch nicht stand, suchte ich die Gefäße auf und unterband sie zentral und peripher. Der Operierte kam unter Gangrän des Unterschenkels mit dem Leben davon.

---

1) A. Flockmann, T. Ringel und J. Wieting, Kriegserfahrungen der 2. deutschen Ambulanz, S. 154. — Küttner, a. a. O. S. 20.

Solch Fall ist jedoch ein Kuriosum, da der Kriegschirurg höchst selten in den Stand gesetzt wird, den nötigen Eingriff mit der hier erforderlichen Schnelligkeit auszuführen.

Aus meiner Schilderung ergibt sich nun zugleich, daß die Ligatur der Arterie und zugehörigen Vene einer Extremität wegen der Gefahr des Brandes nur als äußerster Notbehelf angewendet werden soll; nur dann, wenn der Verwundete schon hochgradig anämisch ist und die Blutung noch nicht steht. Dann kann man sich mit unsicheren Methoden nicht mehr abgeben. Wenn irgend möglich, soll man aber noch die seitliche Venennaht versuchen. Bei meinem Patienten mußten allerdings hinter der Sorge um das nächstliegende Ziel, die Erhaltung des Lebens, alle anderen Rücksichten zurückstehen.

Ebenso wird man die gleichzeitige Unterbindung der Carotis und Jugularis interna wegen der Gefahren für das Gehirn nach Möglichkeit zu vermeiden suchen. Handelt es sich um eine Zerreißung der Poplitea bei vorhandenem pulsierenden Haemarthros genu, so wird man sich doppelt und dreifach zu überlegen haben, ob man operieren soll. Niemand kann im Felde für seine Asepsis eintreten. Ueberhaupt ist die Ligatur eines jeden Gefäßes ein Eingriff, an welchen man primär, d. h. auf dem Verbandplatze nicht ohne große Not gehen soll. Die Quelle eines großen Hämatomes zu entdecken, ist meist recht schwierig und erfordert einen geübten Chirurgen und gute Assistenz; daneben besteht trotz aller aufgewendeten Sorgfalt die Gefahr der Infektion. Der von mir geschilderte Fall ist denn auch gründlich vereitert.

Nur wenn alle anderen Blutstillungsmethoden versagt haben, oder wenn man sich von ihnen bei dem desolaten Zustande des Patienten keinen Erfolg mehr verspricht, soll man zur Unterbindung schreiten und diese, wenn irgend möglich, am Orte der Verletzung zentral und peripher ausführen. Von der Ligatur am Orte der Wahl rate ich ganz entschieden ab, einmal wegen der Gefahr der Nachblutung nach Wiederherstellung des Kollateralkreislaufes und zweitens wegen der Möglichkeit der Ausbildung eines traumatischen Aneurysmas, die trotzdem noch bestehen bleibt. Solche Fälle sind denn auch beobachtet worden, u. a. von Makins<sup>1)</sup>.

---

1) a. a. O. S. 121.

Zuweilen können allerdings die Verhältnisse so ungünstig liegen, daß es nicht möglich ist, am Orte des Traumas die Ligatur des spritzenden Gefäßes vorzunehmen; dann muß man es schon an den bekannten Stellen aufsuchen und dort zuschnüren. So haben Blutungen aus der Maxillaris interna die Unterbindung der Carotis externa erfordert. Manchmal führt in solch schwierigen Lagen die Umstechung zum Ziel, welche sich dabei noch leichter und schneller ausführen läßt.

Ein zweites, einfacheres und doch oft vortreffliches, hierhin gehöriges Mittel ist die Tamponade mit aseptischer oder Jodoformgaze. Selbst Blutungen aus sehr großen Gefäßen, wie der Subclavia, Femoralis u. a., sind hiermit schon erfolgreich behandelt worden. Allerdings müssen wir alle Fälle mit engen Schußkanälen ausschließen; damit wird die Anwendung dieser Methode bei Kleinkaliberverletzungen wesentlich eingeschränkt. Es erscheint rein unmöglich, hierbei durch die Tamponade einen wirklichen Nutzen zu schaffen, es müßte denn das Gewebe ausgiebig gespalten werden. Die minimalen Schlitzte in den Fascien und Sehnen entsprechen niemals genau den kleinen, zusammengefallenen Löchern in den übrigen Weichteilen, sodaß man selten mit seiner Gaze an den Ort der Verletzung herankommen kann. Ich habe mich häufiger hiervon in Südafrika überzeugen können, da ein Teil der dortigen Aerzte alle Wunden auszustopfen pflegte. Das Blut sickerte neben dem Tampon heraus; derselbe hatte vollständig seinen Zweck verfehlt. Dagegen bedient man sich mit großem Vorteile der Tamponade, um bei weiten Schußkanälen die Blutung zu beherrschen, also namentlich bei Wunden durch Artilleriegeschosse und Shrapnelkugeln, sowie allen Knochenfrakturen mit großen Ausschüssen. Hier hat das Mittel uns gute Dienste geleistet.

Auf die äußere Haut legt man dabei stets einen Druckverband. Derselbe genügt an und für sich schon bei den meisten Verletzungen durch kleinkalibrige Projektile, um die Blutung zu stillen. Natürlich muß eine stete Kontrolle über den Patienten ausgeübt werden, um gegebenen Falles sofort zu energischeren Methoden übergehen zu können.

Die Kompression durch Tourniquets oder den Finger, die Knickung des Arterienstammes durch forzierte Beugung des betreffenden Gliedes, die elastische Konstriktion durch Gummibinden, Esmarchsche Hosenträger oder dergl. können nur als provisorische Blut-

stillungsmethoden gelten. Durch zuweilen genial konstruierte Knebeltourniquets sollen nach Angabe von Treves und anderen englischen Autoren verschiedene Soldaten der britischen Armee sich und einzelnen Kameraden das Leben gerettet haben; ich selbst habe bei den Boeren nicht viel Nutzen davon gesehen. Dasselbe ist ja von dem deutsch-französischen Kriege her bekannt. Ich will jedoch nicht bestreiten, daß in der Hand von Aerzten, eventuell auch von geübten Sanitätsunteroffizieren Tourniquets und Gummibinden zuweilen auch Segen stiften können.

Auf die Frage, was man zur Stillung einer inneren Blutung tun soll, werde ich bei der Besprechung der Verletzung der einzelnen Organe eingehen; an dieser Stelle will ich nur erwähnen, daß die Hoffnung, welche man vor dem Boerenkriege hatte, man würde durch die Ausführung von Laparotomien und Thorakotomien Verwundete, wenn auch nur vereinzelt, vom Verblutungstode retten, sich nicht bewahrt hat.

Um dem drohenden Kollapse bei hochgradigen Anämien zu begegnen, können noch besondere Maßregeln indiziert sein. Sind nur geringe Hilfsmittel zur Hand, so kann man versuchen, durch Einwicklung der vier Extremitäten mit elastischen Binden, die sogenannte Autotransfusion, das in den Gliedmaßen noch vorhandene Blut zu dem Herzen, der Lunge und dem Gehirne zu drängen. Leider nützt dies einfache Verfahren meist nur wenig, da die Gefäße in den peripheren Teilen des Körpers infolge des Sinkens der Herzkraft fast leer sind. Weit mehr verspricht in schweren Fällen die subkutane Injektion oder noch schnellere Hülfe die intravenöse Infusion einer physiologischen Kochsalzlösung. Allerdings muß man imstande sein, diese Methoden *lege artis* anzuwenden.

## **B. Die von den Nerven abhängigen Zeichen der Schußverletzung.**

### **a) Der Schmerz.**

Die Höhe des Schmerzes im Momente des Traumas hängt durchaus nicht immer von dem Grade der Verletzung ab. Wir hören oft mit Verwunderung von Mannschaften, welche zu uns mit schweren Wunden, selbst Knochenbrüchen, gebracht werden, daß sie im ersten Augenblicke gar nichts



gefühlt haben; erst das herabfließende Blut hatte sie darauf aufmerksam gemacht, daß sie von der feindlichen Kugel getroffen waren. So versicherte z. B. ein schottischer Hochländer<sup>1)</sup>, dem beim Sturme auf die Belmonter Höhen am 23. November 1899 ein Auge ausgeschossen und das Nasenbein frakturiert wurde, daß er nicht eine Spur Schmerzen nach der Verletzung empfunden habe. Makins<sup>2)</sup> erzählt, daß ein englischer Soldat durch den Unterleib geschossen wurde, ohne etwas davon zu merken. Erst beim Entkleiden gewahrte er Blut in seinen Beinkleidern und meinte dann zu seinen Kameraden; „Nun habe ich doch noch die Ruhr bekommen.“ Nach wenigen Tagen war er eine Leiche.

Mehr Einfluß scheint die Geschwindigkeit des verwendeten Geschosses auf den primären Wundschmerz zu haben. Dieser ist bei Verwundungen durch die modernen kleinkalibrigen Gewehrprojekte, welche mit enormer Geschwindigkeit den menschlichen Körper passieren und mithin nur minimale Zeit auf die sensiblen Endorgane einwirken, meist geringfügiger, als bei Verletzungen durch Granatsplitter, auch wenn diese nur klein sind.

Weiter spielen bei der subjektiven Empfindung des Schmerzes psychische Momente eine große Rolle. Der im Vorwärtstürmen begriffene Sieger fühlt seine Wunde weit weniger, als sein im Zurückweichen begriffener, seelisch depressierter Gegner, der Mutige weniger als der Feige, der schon verbundene, in sicherer Obhut befindliche Soldat weniger, als derjenige, welcher noch fern von jeder ärztlichen Hilfe inmitten stöhnender und klagender Kameraden oder einsam auf dem Schlachtfelde liegt.

Ebenso sind für die Kundgebung des Schmerzes moralische und physische Eigenschaften des Kämpfers maßgebend. Seit langem ist den Kriegschirurgen bekannt, und auch wir konnten diese Beobachtung im südafrikanischen Feldzuge wiederholen, daß gerade die am leichtest Verwundeten zumeist am lautesten jammern und klagen, während sich schwer Verletzte mit stoischer Ruhe in ihr Schicksal ergeben. Oft ist allerdings ein schon getrübttes Sensorium der Grund für diesen dann mehr scheinbaren Heroismus.

1) British medical journal, 27. Jan. 1900.

2) Makins, Surgical experiences etc., p. 104.

Außerordentlich verschieden nach Individualität und Rasse ist das Verhalten der Menschen gegenüber dem Schmerze. So beobachtete Pirogoff eine besonders geringe Empfindlichkeit bei den Muselmanen im Kaukasus und den Juden in Neurußland, wir selbst bei Kaffern, sowie bei vielen Boeren. Auch die während unserer Expedition gegen Petchili im Jahre 1900/01 verwundeten Chinesen zeigten meist einen bewundernswerten Stoicismus im Ertragen von Schmerzen. Bei der aus allen Nationalitäten zusammengewürfelten österreichischen Armee konnte H. Fischer<sup>1)</sup> während des Feldzuges 1866 die Vulnerabilität der einzelnen Völkerschaften studieren. Nach ihm waren am empfindlichsten die Italiener und Polen, weit weniger die Ungarn und Slowaken; zwischen ihnen standen die Deutschen.

Der primäre Wundschmerz ist im allgemeinen nur gering. Die Verletzten geben häufig an, namentlich wenn es sich um Schüsse mit modernen Gewehrprojektilen handelt, daß sie im Augenblicke des Getroffenseins nur einen feinen Stich, wie von einem Insekt, einen Stoß oder Schlag, wie mit einem Hammer, empfunden hätten. Manche erzählten, sie hätten die Empfindung gehabt, mit glühendem Eisen berührt zu sein. In andern Fällen wieder verspürten die Verwundeten einen Ruck, als sei ein schwerer Gegenstand auf sie gefallen, und konnten auch noch späterhin das Gefühl, als wenn eine große Last auf ihnen ruhe, nicht los werden.

Nur selten ist der Wundschmerz von Anfang an sehr heftig, namentlich bei Verletzungen großer Nervenstämmen; mehrmals gaben uns derartige Patienten späterhin an, sie hätten im Momente der Berührung durch das Geschloß im ganzen Körper einen gewaltigen Ruck oder Schlag gespürt, welcher im nächsten Augenblick auch wieder verschwunden gewesen sei.

Von mehreren zu gleicher Zeit empfangenen Wunden wird meist nur die der nervenreichsten Gegend gefühlt, so bei Schüssen durch Hand und Oberschenkel allein der erstere, bei Schüssen durch Schulter und Unterkiefer nur der letztere.

Zuweilen wird von den Verwundeten der Schmerz nicht an der Stelle der Verletzung, sondern mehr distal empfunden. Recht häufig wird derselbe in denjenigen

---

1) Fischer, Handbuch der Kriegschirurgie, I. Teil, S. 75.

Fällen, in welchen der Schußkanal dicht an größeren sensiblen Nervenstämmen vorbei verläuft, in die peripheren Ausläufer der betreffenden Bahnen verlegt, z. B. bei Schüssen durch die Achsel in die Hand, bei Schüssen durch die Hüftgegend in den Fuß. Andere Beobachtungen, welche uns von Longmore und Mitchell hinterlassen sind, daß die Schmerzen bei einer Verwundung des Hodens im oberen Teile des linken Armes, bei einer Verletzung der linken Hand in der rechten auftraten, entziehen sich zur Zeit zwar noch einer exakten, genauen Erklärung, scheinen aber sicher beglaubigt zu sein.

Wenn nun auch der Schmerz im Augenblicke des Getroffenseins meist nur gering ist, ja sogar ganz fehlen kann, so pflegt derselbe doch nach einiger Zeit stärker zu werden und richtet sich dann ganz nach dem anatomischen Charakter der Wunde.

Die größten Beschwerden verursachen meinen Erfahrungen nach die Verletzungen sensibler Nerven, namentlich dann, wenn Knochensplitter oder Geschossteilchen auf sie drücken; ich sah allerdings auch vollständige Durchtrennungen gemischter Nervenstämmen sich wie reine Weichteilschüsse verhalten. Solche pflegen, vorausgesetzt, daß sie durch die modernen kleinkalibrigen Gewehrprojekte hervorgeufen sind, meist nur geringfügige Beschwerden, kaum Unbequemlichkeiten zu machen, selbst wenn sie durch nervenreiche Gebiete, äußere Genitalien, Hände, Gesicht usw. verlaufen, es sei denn, daß der begleitende Bluterguß von besonders großer Ausdehnung ist.

Weit größere Schmerzen verursachen Verletzungen durch großkalibrige Bleigeschosse, Aufschläger, Shrapnelkugeln, sowie die Sprengstücke der Granaten, welche die Gewebe des Körpers stark quetschen. Recht bedeutend pflegen die Beschwerden nach Knochenfrakturen und Gelenkschüssen, bei letzteren namentlich dann zu sein, wenn ein Hämarthros von erheblicherem Umfange besteht, während sich die Rinnen und Lochschüsse der spongiösen Substanz kaum anders als reine Weichteilwunden verhalten.

Schüsse durch den Schädel und das Gehirn sind meist von einer wohlthätigen Bewußtlosigkeit gefolgt. Die Verwundeten mit Verletzungen des Rückenmarkes haben in der ersten Zeit weniger unter den Schmerzen, als unter dem Gefühle ihrer Hülflosigkeit zu leiden; späterhin können aller-

dings ihre Beschwerden, namentlich bei eintretender Besserung, infolge nun einsetzender Hyperästhesieen einen hohen Grad erreichen. Auch bei Brustschüssen pflegt der reine Schmerz hinter den Erscheinungen, welche der Hämato- oder Pneumothorax macht, zurückzustehen. Ist dieser nur geringfügig, so befindet sich der Patient in den meisten Fällen relativ wohl, ebenso bei Bauchschüssen, wenn nur Weichteile verletzt sind, und kein größerer Bluterguß in das freie Abdomen vorhanden ist. Abreibungen ganzer Glieder durch nicht krepierete Artilleriegeschosse sind häufig kaum schmerzhaft; dagegen verursachen Weichteilkontusionen meist recht erhebliche Beschwerden.

Der Schußkanal selbst, die Umgebung des Ein- und Ausschusses sind meist unempfindlich.

#### b) Das Zusammenbrechen der Verwundeten.

Eine große Zahl der Verwundeten stürzt, wenn sie im Gehen, Reiten oder Stehen getroffen sind, auf die Erde und ist scheinbar nicht mehr imstande, sich ohne Unterstützung ihrer Kameraden zu erheben, auch wenn sie nur unbedeutende Verletzungen erlitten haben, welche sie unseren sonstigen Erfahrungen nach kaum daran hinderten.

Ebenso bleiben oft Mannschaften mit reinen Weichteilschüssen, selbst der oberen Extremitäten, am Boden liegen, die, ohne große Willensstärke zu beweisen, wohl aufstehen und am Gefechte sich weiter hätten beteiligen können.

Andererseits aber sieht man oft charakterfeste Männer eine unglaubliche Geringschätzung schwerer, selbst tödlicher Wunden an den Tag legen und damit weiterkämpfen. So verband ich nach der Schlacht am Paardeberg einen kanadischen Freiwilligen deutscher Abstammung, welcher trotz der Zerschmetterung seines Unterkiefers noch am Sturme auf das Lager Cronjes teilgenommen und den ganzen Tag ohne Unterbrechung im feindlichen Feuer gestanden hatte. Ein Skandinavier, welcher bei Magersfontein eine Fraktur der Tibia und Fibula, sowie einen Lochschuß durch die obere Schienbeinepiphyse erhalten hatte, verteidigte sich im Nahkampfe mit dem Flintenkolben gegen die andringenden Engländer so lange, bis er schließlich durch einen Treffer aus nächster Entfernung unschädlich gemacht wurde.

Sehr häufig brechen die Kämpfenden zwar in demjenigen Momente zusammen, in welchem sie die Kugel des Feindes

erreicht, werden jedoch binnen kurzem wieder vollständig Herr ihrer Glieder. Ich behandelte einen Seaforth Highlander, welcher am Paardeberge im Liegen durch die Schulter geschossen wurde; als er sich erhob, um zum Verbandplatz zu gehen, erhielt er vier neue Kugeln, welche ihn wieder zur Erde warfen. Er blieb nun eine Weile blutend und unter heftigen Schmerzen am Boden liegen, erholte sich aber wieder, da er nur leichte Weichteilverletzungen erlitten hatte, und nahm noch bis zur eintretenden Dunkelheit am Gefechte teil.

Hierzu gehörte allerdings eine Willensstärke, welche nicht ein jeder hat.

Ich glaube nicht, daß man das Hinstürzen der Kämpfenden bei leichten Wunden auf eine Erschütterung des ganzen Körpers, auf eine Gleichgewichtsstörung durch das Geschloß zurückzuführen hat<sup>1)</sup>. Meiner Ansicht nach ist hierfür allein ein Mangel an Energie verantwortlich zu machen.

Es zeigt sich denn auch, daß Mannschaften sowohl wie Offiziere in lang andauernden Schlachten, zumal wenn diese für ihre Partei ungünstig verlaufen, infolge des allmählich sich entwickelnden seelischen Depressionszustandes leichter niedergestreckt werden und liegen bleiben, als bei kurzdauernden siegreichen Gefechten. So erging es den Engländern z. B. in den Kämpfen um den Spionkop vom 20. bis 24. Januar 1900. Verwundete britische Soldaten gaben später an, sie seien infolge der großen Verluste durch das ununterbrochene Artillerie- und Gewehrfeuer der Boeren, denen sie ohne Deckung gegenüber gelegen hatten, vollständig niedergebrosen gewesen. Ein unbedeutender Weichteilschuß genügte nun, sie für längere Zeit kampfunfähig zu machen.

Unbegreiflich bleibt es auf der anderen Seite wieder, mit wie schweren Verletzungen Mensch ennoch gehen und reiten können. Ich habe manch seltsamen Fall der Art in Südafrika erlebt. Offiziere mit später tödlich endenden Bauchschüssen führten ihre Mannschaften weiter gegen den Feind und legten noch lange Strecken im Laufschrift zurück, Boeren mit Splitterfrakturen des Femur ließen sich von Kameraden zu ihrem Pferde führen, hinaufheben und ritten noch kilometerweit zum Verbandplatz; ja, Küttner hatte in unserem Lazarette zu Jakobsdal einen Patienten in Behandlung,

---

1) Lühе, Vorlesungen über Kriegschirurgie, S. 66.



welcher mit einem Oberschenkelbruche noch allein auf seinen Pony gekommen und so fortgeeilt war.

Natürlich ist der Blutverlust sehr häufig die Ursache, daß der Getroffene liegen bleibt. Doch sah ich im Johannisberger Lazarette einen Boeren, welcher mit einer spritzenden Arteria brachialis noch vier Stunden lang geritten war. Ebenso wird von englischen Aerzten berichtet, daß Leute mit einer durchschossenen Femoralis oder Poplitea trotz stärkerer Blutung noch ziemlich beträchtliche Strecken zu Fuß zurückgelegt haben.

Diese Beispiele beweisen wohl, daß die Nerven beim Hinstürzen und Liegenbleiben der Kämpfenden eine gewaltige Rolle spielen. Selbstverständlich muß bei der Beurteilung jedes einzelnen Falles immer noch mit in Betracht gezogen werden, daß viele Verwundete nur die ihnen gebotene Gelegenheit benutzen wollen, sich mit Anstand dem Kampfe zu entziehen, oder sich deshalb nicht wieder erheben, damit sie ihre Deckung den feindlichen Kugeln gegenüber nicht aufgeben. So fanden wir auf dem Schlachtfelde vor Jakobsdal noch mitten in der Nacht britische Offiziere von anerkanntem Mute und Tapferkeit mit Weichteilschüssen, welche keinen von ihnen am Aufstehen gehindert hätten; den sicher treffenden Geschossen der Boeren, denen die Engländer sich nahe gegenüber befunden hatten, wäre niemand entronnen, welcher es gewagt hätte, seine Stellung zu verlassen, um sich aus dem Bereiche des Feindes zu begeben.

Nicht selten beobachtet man bei Verwundeten, ehe sie zu Boden stürzen, sonderbare, anscheinend unwillkürliche Bewegungen; sie greifen in die Luft, machen Sätze nach vorn, suchen davonzulaufen und dergleichen. Hier handelt es sich zweifellos um reflektorische Bewegungen, wie sie ja auch das angeschossene Wild ausführt, um das Gleichgewicht zu bewahren und der Gefahr zu entinnen. Erfahrene Waidmänner ersehen daraus, an welcher Stelle des Körpers die Kugel gesessen hat.

Als ein *signum pessimi ominis* gilt es, wenn der Verletzte plötzlich einen gellenden Schrei ausstößt, wie ein zu Boden fallender Epileptiker; solche Menschen sollen meist dem Tode verfallen sein. Häufig ist dies Vorkommnis jedenfalls nicht; ich selbst habe niemals davon erzählen hören. Auch Makins, welcher Tausende von Verwundeten gesehen hat, erwähnt diesen Schrei nur einmal; er schildert ihn wie

das Klagen eines angeschossenen Hasen. Sein Patient kam übrigens mit dem Leben davon.

### c) Der Shock.

Leichte Formen lokalen Wundshockes kommen im Felde recht häufig zur Beobachtung, mehr allerdings bei Granatsplitter- als bei Kleinkaliberverletzungen, da ja bei diesen die Gewalt nur an einem kleinen Teile des Körpers angreift und bei der enormen Geschwindigkeit des Geschosses nur ganz kurze Zeit auf das Nervensystem einwirkt. Trotzdem sieht man auch hier nicht selten Symptome lokalen Shocks, so vorübergehende Paresen der Extremitäten bei reinen Weichteil- oder Knochenschüssen ohne jede Verletzung eines Nervenstammes.

Nur vereinzelt begegnet man den schweren Fällen. Dann wird das Glied nach anfänglicher Schmerzhaftigkeit empfindungslos und schwerbeweglich; die Haut, schlaff und kalt, nimmt eine blaßbläuliche Färbung an. Störungen der Motilität und Sensibilität können lange Zeit bestehen bleiben.

Ernstere Formen von allgemeinem Shock sind nach unseren und englischen Erfahrungen im südafrikanischen Feldzuge bei Kleinkaliberverletzungen selten, relativ am häufigsten noch bei penetrierenden Bauchwunden. Besonders oft sind Abreißen ganzer Glieder, Verletzungen des Abdomens oder anderer nervenreicher Gegenden, wie der Hoden, der äußeren Genitalien durch grobes Geschütz von allgemeinem Shock gefolgt.

Das Wesen desselben beruht nach H. Fischer, Goltz u. a. in einer durch die Erschütterung sensibler Nerven hervorgerufenen Lähmung des vasomotorischen Zentrums in der Medulla oblongata; die Symptome entsprechen genau den Erscheinungen, welche dem bekannten Goltzschen Klopfversuche folgen.

Bei den schweren torpiden Formen gibt das Aussehen der Patienten schon den tiefen Verfall kund, in welchem sie sich befinden. Teilnahmslos liegen sie da, ohne irgend ein Interesse an den Vorgängen in der Außenwelt zu verraten; ihr Sensorium ist jedoch erhalten, wenn auch mehr oder weniger getrübt. Die Lähmung des vasomotorischen Zentrums zeigt sich im Sinken des Blutdrucks und der Herzkraft, dem kleinen, kaum fühlbaren Pulse, welcher bald verlangsamt, in anderen Fällen wiederum beschleunigt ist, der kühlen, blassen,

oft mit kaltem Schweiß bedeckten Haut. Die Respiration ist unregelmäßig, die Körpertemperatur meist subnormal.

Mit dem Schwinden des hier geschilderten Zustandes setzt oft ein Stadium *excitationis* ein. Die Kranken werden unruhig, phantasieren, schreien und jammern; ihre Haut wird rot und heiß, der Puls jagend. Zuweilen ist diese erethische Form schon von vornherein vorhanden.

Zweifellos ist ein hoher Prozentsatz der Todesfälle auf dem Kampfplatze und in den ersten Tagen nach der Schlacht auf das Konto des Shocks zu setzen. Ebenso sicher ist aber auch, daß derselbe in früheren Feldzügen sehr häufig mit einer akuten Anämie, namentlich bei Bauchschüssen, verwechselt wurde. Unzweifelhafte Beobachtungen über einen letalen Verlauf desselben sind in der englischen Armee während des letzten südafrikanischen Feldzuges doch nur verhältnismäßig spärlich vorhanden. Ich selbst habe während meiner Tätigkeit im Boerenkriege keinen Fall derart gesehen. Auch der amerikanische Sanitätsbericht<sup>1)</sup> erwähnt unter 92 Schußverletzungen, welche während der Kämpfe auf den Philippinen im Jahre 1900 noch nachträglich tödlich endeten, nur einmal als Ursache des Sterbens den primären Wundshock.

Eine sichere diagnostische Entscheidung zwischen ihm und einer frischen, inneren Blutung zu treffen, ist oft kaum möglich; außer den lokalen Erscheinungen, welche die letztere macht, ist besonders darauf zu achten, daß bei ersterem die Symptome von vornherein in voller Ausbildung vorhanden zu sein pflegen, während sie sich bei der Anämie erst allmählich einstellen und langsam weiter entwickeln.

Die Behandlung des Shocks besteht nach König in der künstlichen Erwärmung der Patienten, der Applikation starker Hautreize durch Sinapismen, Frottieren der Glieder und ähnlichen Manipulationen, hauptsächlich aber in der Anwendung exzitierender Mittel, wie schweren Weines, starken Kaffees und Thees, der subkutanen Injektion von Kampher, Aether oder Adrenalin. Unter Umständen ist die Einleitung künstlicher Atembewegungen angezeigt.

Bekanntlich ist während des Shocks jede Narkose durch Chloroform zu vermeiden, da dies Mittel die schon geschwächte Herzkraft noch mehr herabsetzt und so raschen Tod herbeiführen kann. Ist ein operativer Eingriff unbedingt

---

1) Report of the surgeon-general, 1901, p. 272, 273.

z. B. zur Blutstillung indiziert und kommt man nicht mit örtlicher Anästhesie aus, so muß man zum Aether greifen. Zweckmäßig erscheint oft die Kombination der allgemeinen mit der lokalen Betäubung.

#### d) Die kataleptische Totenstarre.

Bei der Besprechung der von den Nerven abhängigen Zeichen der Schußwunden müssen wir einer besonderen Form der Totenstarre gedenken, welche als kataleptische bezeichnet und zuweilen an Leichnamen auf der Stelle gebliebener Soldaten gefunden wird. Meist wird dieselbe nach schweren Verletzungen des Zentralnervensystems beobachtet. Die Starre erfolgt in solchen Fällen scheinbar so rapide, daß die Körper der Getöteten in derselben Position verblieben, welche sie kurz vor dem Tode innegehabt hatten. So peinlich genau wird der jemalige Kontraktionszustand der Muskulatur festgehalten, daß selbst der Gesichtsausdruck derselbe ist, wie im Momente des Hinscheidens. Freude, Schreck und andere Affekte spiegeln sich noch im Antlitze wieder. Anscheinend haben auch die Gesetze der Schwerkraft ihre Geltung verloren. An die Wand gelehnte Körper fallen nicht um; die zum Munde geführte Hand sinkt nicht herunter, sondern hält noch graziös die Tasse zwischen Daumen und Zeigefinger<sup>1)</sup>.

Das bekannteste Beispiel eines solchen Vorganges ist der Todesritt des französischen Kürassierobersten de la Carre in der Schlacht bei Wörth. Den Säbel gezückt, ritt er der Spitze seines Regiments voran gegen die Deutschen; eine preußische Granate riß ihm den Kopf vom Rumpfe. Trotzdem blieb er im Sattel und behielt das Schwert in der hocherhobenen Faust. So trug ihn sein Roß weiter gegen den Feind, und der kopflose Reiter machte die ganze Attacke mit, ein schauerlicher Anblick für die Zuschauer.

In zahlreichen englischen illustrierten Zeitschriften fand man während des südafrikanischen Feldzuges das nebenstehende Bild reproduziert, welches nach der Schlacht am Spionkop von einem Bloemfonteiner Photographen aufgenommen war und viel gekauft wurde. Man sieht unter den

---

1) Roßbach, Ueber eine unmittelbar mit dem Lebensende beginnende Totenstarre. Virchows Archiv, Bd. 51, 1870, S. 558.

Leichnamen den eines Soldaten, welcher offenbar im Anschlag begriffen war, als ihn die Kugel des Feindes erreichte: die typische Haltung des Körpers, namentlich der Arme, ist vorzüglich erhalten geblieben, allerdings wurde der Kopf etwas zur Seite gedreht (Fig. 17).

Ein Transvaalartillerist, welcher im Gefechte am Klip-river durch einen in das Gehirn gedrungenen Granatsplitter auf der Stelle getötet war, hielt auch nach dem Ende das

Fig. 17.



Schlachtfeld bei Spionkop.

Beispiel der Beibehaltung einer im Leben angenommenen Stellung auch nach dem Tode.

Fernglas, durch welches er die Bewegungen des Gegners beobachtete, krampfhaft vor den Augen, bis ihm ein Kamerad dasselbe aus der erstarrten Hand nahm. Die Stellung seiner Arme behielt er jedoch bei, bis er zur ewigen Ruhe bestattet wurde.

So sicher beglaubigt und so häufig beobachtet derartige Vorkommnisse auch sind, eine ausreichende Erklärung steht noch immer aus. Roßbach, welcher die oft zitierten Fälle aus der Schlacht bei Gravelotte schildert, ist der Ansicht, daß die kataleptische Totenstarre aus der letzten Kontraktion



des lebenden Muskels ohne eine Zwischenstufe der Erschlaffung hervorgeht. Dies ist zweifellos so nicht vollständig richtig. Es gehört stets eine gewisse Zeit, die sich zwischen 10 Minuten und Stunden bewegt, zur Gerinnung des Myosins, dem chemischen Vorgange, auf welchem die Erscheinung der Leichenstarre beruht. Nachgewiesen wurde nun, daß der Eintritt derselben durch große Blutverluste, starke Muskelaktionen und Ermüdung vor dem Hinscheiden beschleunigt wird, wie denn auch längst bekannt ist, daß die Muskulatur des zu Tode gehetzten Wildes wenige Minuten nach dem Verenden steif wird. Aehnlich günstige Verhältnisse finden sich ja häufig bei Kämpfern, welche auf dem Schlachtfelde fallen. Immerhin bleibt noch zu erklären, weshalb die Muskeln dann nicht wenigstens für eine kurze Dauer erschlaffen und, dem Gesetze der Schwere folgend, heruntersinken. Falk<sup>1)</sup> wies nun durch Experimente nach, daß die tetanisierte Muskulatur von Tieren, welche er während des Tetanus getötet hatte, unmittelbar darauf steif wurde; da er zudem beobachtet hatte, daß die kataleptische Leichenstarre nur nach schweren Traumen des Zentralnervensystems, Verblutungen etc. auftritt, so nahm er an, daß durch die Verletzung ein Reiz auf die Medulla oblongata oder spinalis ausgeübt wird, welcher zum Tetanus führt. Dieser überdauert den Stillstand der Respiration, sowie die Sistierung des Herzschlages und geht unmittelbar in die Starre über. Mir scheint diese Ansicht noch am ungezwungensten von allen die Fortdauer des Kontraktionszustandes, denn um einen solchen muß es sich ja anfänglich handeln, zu erklären.

R. Köhler wendet dagegen ein, daß bei der kataleptischen Leichenstarre im Augenblicke des Todes gar keine starke Kontraktion der Muskeln eintrete, sondern daß diese einfach in dem Zustande verblieben, in welchem sie sich im Momente des Verscheidens befänden; nach ihm kommt keine neue, durch das Trauma bedingte tetanische Muskelreizung hinzu<sup>2)</sup>. Da aber bis jetzt noch niemand hierüber Beobachtungen machte, kann man diesen Einwand nicht gelten lassen. Unser Autor nimmt als Ursache der kataleptischen Leichenstarre eine Schrecklähmung höchsten Grades an,

1) Falk, Ueber eine namentlich auf Schlachtfeldern beobachtete Art der Leichenstarre. Militärärztliche Zeitschrift, 1873, Heft 11 u. 12.

2) a. a. O. S. 397.

welche durch die gewaltigsten Verletzungen des Zentralnervensystems hervorgerufen wird, und vergleicht dieselbe mit den bekannten Formen von Willenlosigkeit und dadurch bedingtem Verluste der Herrschaft über die Körpermuskulatur, wie wir sie bei Mensch und Tier als Folge höchster Beängstigung kennen und auf hypnotische Zustände zurückzuführen gewöhnt sind. „Auch hier verbleiben Rumpf und Glieder unbeweglich in derselben Stellung, die sie vorher hatten; der Unterschied zwischen der gewöhnlichen Schrecklähmung und der kataleptischen Totenstarre besteht nur darin, daß bei ersterer die aufgezugene Zugbrücke zwischen Willen und Kontraktion nach einiger Zeit wieder niedergelassen wird, bei letzterer jedoch nicht.“ Die Zellen, welche den betreffenden Kontraktionszustand der Muskeln im Augenblicke des Todes hervorrufen, brauchen noch nicht sofort funktionsunfähig zu werden, sondern können die Stellung des Gliedes im Momente des Hinscheidens bis zur vollständigen Gerinnung<sup>1</sup> des Myosins, die in solchen Fällen, wie schon erwähnt, sehr schnell erfolgt, festhalten.

R. Köhler schlägt als Namen für den geschilderten Zustand „aktive Starre plötzlich Verstorbenen“ vor; ich glaube nicht, daß diese zu wenig prägnante Bezeichnung sich einbürgern wird, zumal, da sie nur das kurze Uebergangsstadium bis zum Einsetzen der Leichenstarre kennzeichnen würde.

Eine ähnliche Anschauung, daß der die letzten Bewegungen auslösende Reiz noch nach dem Tode fortwirkt, da keine Hemmung eintritt, hatte übrigens schon Longmore<sup>1)</sup>, welcher seine Beobachtungen auf den Schlachtfeldern der Krim sammelte; er war der Ansicht, daß die Muskelkontraktionen noch nach dem Lebensende ohne eine Zwischenstufe der Erschlaffung solange andauern können, bis die Starre eintritt.

Die Meinung von Kreiss<sup>2)</sup>, daß die Kälte einen Einfluß auf die Entstehung der kataleptischen Leichenstarre hat, wird am besten durch die Tatsache widerlegt, daß die Starre auch während der heißesten Jahreszeit, selbst unter der glühenden Sonne Afrikas beobachtet werden konnte. Eben-

---

1) Longmore, On the perpetuation of attitude and facial expression etc.

2) Württemberg. Korresp.-Blatt, 1872.

sowenig haltbar ist die Anschauung von Maschka<sup>1)</sup>, daß die Muskulatur stets nach dem Tode erschlaft, dabei zufällig in ihrer Lage verbleibt und steif wird. Ein erhobener Arm bleibt niemals in dieser Stellung, wenn ihn nicht besondere Kräfte darin festhalten.

Die Mannigfaltigkeit der Ansichten, welche ich hier mitgeteilt habe, ist wohl der beste Beweis dafür, wie weit diese Frage noch von der endgültigen Lösung entfernt ist.

---

1) Prager Vierteljahrsschrift, 1871.

## Abschnitt 2.

# Die Pathologie und Therapie der Schußverletzungen.

## Kapitel 1.

### Die Verwundungen der verschiedenen Gewebe des menschlichen Körpers.

#### A. Die unkomplizierten Schußverletzungen der Weichteile.

##### 1. Statistisches.

Unter 100 in ärztliche Behandlung gekommenen Verletzungen befinden sich reine Weichteilschüsse:

im amerikanischen Rebellionskriege (schätzungsweise  
Zirkular No. 6) . . . . . 80,5.  
im deutsch-französischen Kriege (K. S. B. 1870/71) 72,1<sup>1)</sup>,  
während der Kämpfe der Amerikaner auf Kuba und  
den Philippinen 1898—1901 . . . . . 69,1<sup>2)</sup>.

Von 100 Weichteilwunden entfallen auf

	Kopf	Hals	Rumpf	Obere Extremitäten (inkl. Schulter)	Untere Extremitäten (inkl. Hüfte und Gesäß)
im Feldzug gegen Frankreich Deutsche	9,8	2,2	14,4	30,2	43,6
in der amerikanischen Armee 1898—1901	8,5	3,3	7,7	33,3	47,3

1) Vergl. Deutsche Zeitschrift für Chirurgie, Bd. 67, S. 16.

2) Reports of the surgeon general of the U. S. army 1899—1902 (5853 Fälle).

Man hatte erwartet, und verschiedene Kriegschirurgen, u. a. Küttner<sup>1)</sup> und Schjerning<sup>2)</sup>, sprechen sich dahin aus, daß die Zahl der Leichtverwundeten mit der Einführung der kleinkalibrigen Gewehrprojekte zunehmen würde, da das Mantelgeschosß mit seinem geringeren Querschnitte wichtige Organe, wie den Knochen usw. leichter vermeide. Das ist nun nach der ersten Tabelle keineswegs der Fall, eher das Umgekehrte. Die alten Bleigeschosse mit ihrer geringeren Durchschlagskraft blieben häufig dicht unter der Haut stecken und vermochten nicht mehr in die Körperhöhlen einzudringen, während jetzt perforierende Verletzungen die Regel bilden.

## 2. Die verschiedenen Arten der Schußverletzungen.

### I. Die Verletzungen der Haut.

#### a) Die Schußkontusionen der Haut.

Höchst verschieden geartete Verletzungen der Haut stellen die Prell- oder Kontusionsschüsse dar. Sie kommen dadurch zustande, daß der Körper von einem matten Projektil getroffen wird, dessen lebendige Kraft zwar nicht mehr ausreicht, die widerstandsfähige Cutis zu durchtrennen, jedoch noch genügt, eine Quetschung derselben sowie der darunterliegenden Teile hervorzurufen. Infolge der großen Geschwindigkeit des Mantelgeschosses sind derartige Verletzungen bei ihm sehr selten, werden jedoch ab und zu bei Fernschüssen gesehen. Wir behandelten einen Boern mit einer schmerzhaften, ungefähr handtellergroßen Sugillation am Unterleibe, über welcher die Epidermis ganz unversehrt war. Das Projektil war angeblich aus einer Entfernung von 1200 m abgefeuert worden und hatte schon vorher einen ca. 20 cm dicken Baumstamm durchsetzt, sowie einen Kameraden des Verwundeten am Knie gestreift.

Der Seltenheit solcher Vorkommnisse entspricht im Allgemeinen ihre geringe Bedeutung; es sind jedoch auch, trotzdem es sich um moderne Handfeuerwaffen handelte, schwere Schädigungen des Körpers bekannt geworden. So wurde von Watson Cheyne eine Kontusion des Abdomens

1) Küttner, a. a. O. S. 93.

2) Schjerning, Thöle, Voss, Die Schußverletzungen, S. 70.



durch ein Mäusergeschoß mit nachfolgender Darngangrän beobachtet<sup>1)</sup>).

Ein mattes Projektil traf den Unterleib eines englischen Soldaten rechts vom Nabel, ohne die Haut zu durchdringen. Der Verwundete kollabierte und erlag einige Tage darauf einer septischen Peritonitis. Bei der Sektion fanden sich zwei Risse im Ileum, welche die Ursache des Todes geworden waren. Unterhalb eines kleinen Hautschorfes in den Bauchdecken lag eine Eiter, Gas und nekrotisches Gewebe enthaltende Höhle, welche mit dem Peritonealraume durch eine feine Oeffnung kommunizierte.

Weit häufiger jedoch werden Prellschüsse durch großkalibrige Bleiprojektile und Shrapnellfüllkugeln hervorgerufen.

Das am meisten in die Augen springende Symptom der Kontusion bildet die Blutung, welche sich von geringfügigen Ekchymosen, unbedeutenden blauen Flecken zu mächtigen, meist flächenhaften Extravasaten steigern kann. Nach H. Fischer<sup>2)</sup> tritt oft gleichzeitig im Gewebe ein Emphysem auf, welches auf das Freiwerden von Blutgasen zurückzuführen ist. Es wird daher am reichlichsten und zuerst an denjenigen Stellen beobachtet, an welchen das Extravasat unter dem geringsten Drucke steht.

Die Haut selbst ist meistens so wenig geschädigt, daß sie sich wieder vollständig von dem erlittenen Trauma erholt; in schweren Fällen kann sie jedoch nekrotisch werden, hauptsächlich dann, wenn sie durch ein noch leidlich kräftiges Geschoß gegen eine harte, unnachgiebige Unterlage, wie Knochen, gepreßt wurde. Man sah daher nach H. Fischer eine Gangränescenz nicht selten an der Wange über dem Os zygomaticum, in der Regio periorbitalis, in der Gegend des horizontalen Kieferastes, an der Brust, dem Kreuzbein, über dem Trochanter major und der Crista tibiae.

Am häufigsten werden Schusskontusionen beobachtet und nehmen den schwersten Verlauf bei Verletzungen durch Artillerieprojekte. Ausgedehnte Mortifikation der Haut ist hier oft die Folge; auch die unterliegenden Gewebe sind zuweilen hochgradig mitbetroffen<sup>3)</sup>. So wurde von zuverlässigen Autoren über Frakturen von Knochen, selbst vollständige

---

1) British medical journal, 1900, T. I, p. 1195.

2) l. c. S. 67.

3) Richter, Chirurgie der Schußverletzungen. Bd. 1.

Zermahnungen derselben bei unversehrter Cutis berichtet: ich selbst sah den Bruch eines Metakarpus, welcher durch einen von einer Shrapnelkugel herstammenden Prellschuß hervorgerufen war.

Sogar Todesfälle sind auf Schußkontusionen zurückzuführen. Man fand verschiedentlich, namentlich während der Kämpfe in der Mitte des vorigen Jahrhunderts Leichen auf den Schlachtfeldern vor, deren Haut nicht die Spur eines Traumas zeigte, während die darunter liegenden Weichteile und Knochen vollständig zermahlt waren. In anderen Fällen war durch die Inspektion und Palpation überhaupt keine Veränderung wahrzunehmen; erst die Sektion wies gewaltige Zerstörungen der inneren Organe nach. Gegen früher haben solche Verletzungen bedeutend abgenommen; eine moderne Granate reißt den Menschen, auf welchen sie unkrepiert trifft, fast immer in hunderte von Stücken, während eine matte Vollkugel wie ein Puffer den fixierten Körper gegen die Unterlage drückte und so die uns von der Friedenspraxis her wohlbekannten Wirkungen hervorzubringen imstande war. Vereinzelt wurden jedoch selbst noch aus dem Boerenkriege derartige Beobachtungen mitgeteilt.

Der Kontusion nahe steht das *Décollement traumatique* (Morel Lavallée). Letzteres entsteht stets durch die tangentielle Einwirkung einer Gewalt, während die erstere Verletzung auch durch das senkrechte Auftreffen eines Projektils hervorgerufen werden kann, allerdings nicht notwendiger Weise hervorgerufen werden muß. Die beiden Prellschüsse, welche ich beobachtete, waren z. B. durch ein unter einem sehr spitzen Winkel im Liegen die Haut treffendes Gewehrprojektil zustande gekommen.

R. Köhler<sup>1)</sup> ist der Ansicht, daß geringfügigere *Décollements*, bei welchen nur eine subkutane Ablösung der Haut entsteht, außerordentlich häufige Vorkommnisse im Kriege sind. Ich kann ihm darin nicht beistimmen. Wir haben außer bei Schießversuchen weder bei Verwundungen durch Geschütz noch durch Gewehrprojektil derartige Verletzungen gesehen; die einzige, welche wir während des Boerenkrieges beobachten konnten, war merkwürdigerweise durch ein anderes Trauma hervorgerufen. Auch der erfahrene Makins berichtet

---

1) a. a. O. S. 446.

nichts davon. Eine größere Bedeutung für den Kriegschirurgen hat demnach das *Décollement traumatique* nicht.

Sein charakteristisches Merkmal ist die Bildung eines subkutanen Sackes, in welchen hinein sich ein Lymphextravasat ergießt. Während bei der Quetschung das aus den Gefäßen strömende Blut sich sein Bett selbst wühlt, ist hier die Abreißung der Haut von seiner Unterlage und die Entstehung eines Hohlraumes das primäre, der Lympherguß das sekundäre<sup>1)</sup>.

Auch der Verlauf beider Verletzungen ist wesentlich voneinander verschieden. Bei der Kontusion tritt unter Bildung der bekannten Verfärbungen entweder baldige *Restitutio ad integrum* oder Gangrän ein; das sehr deutlich fluktuierende *Décollement* bleibt lange Zeit unverändert und macht oft besondere therapeutische Maßregeln, in leichten Fällen Kompressionsverband, in schwereren Punction und Injektion von Jodtinktur in den Sack nötig.

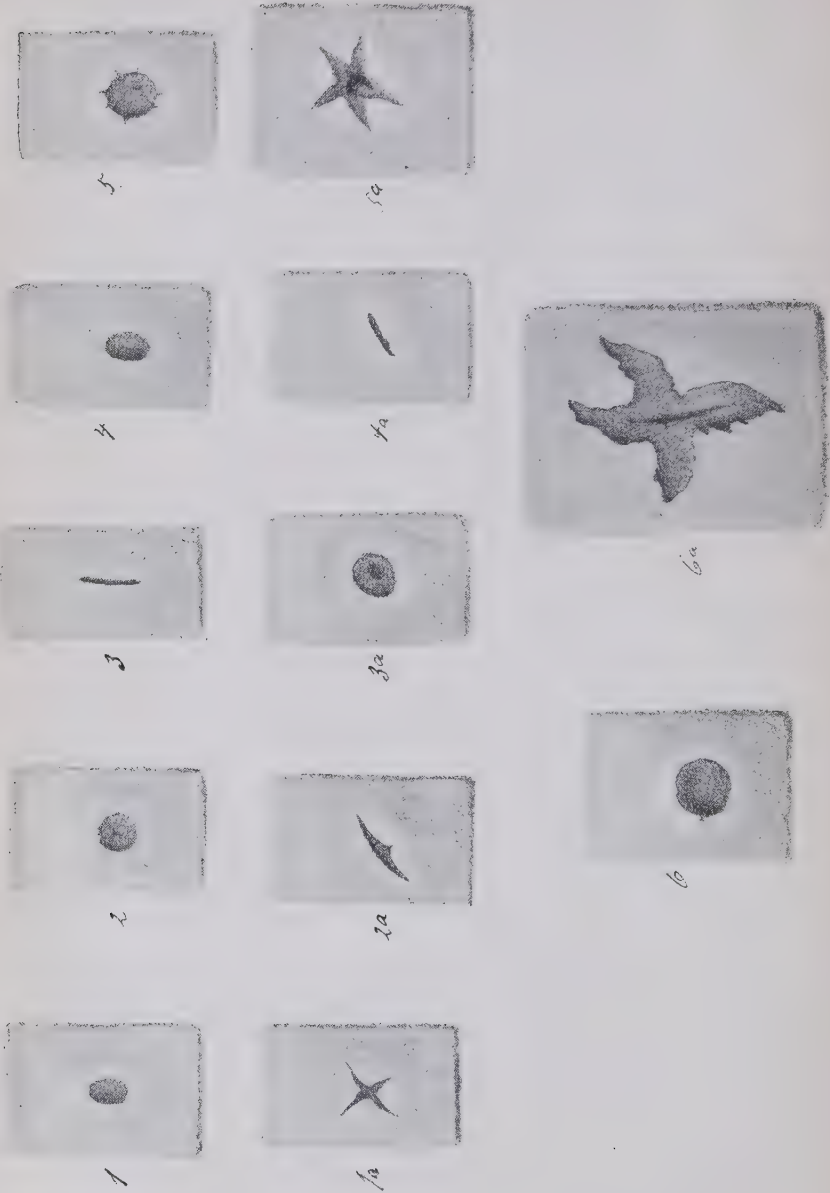
#### b) Die Streifschüsse der Haut.

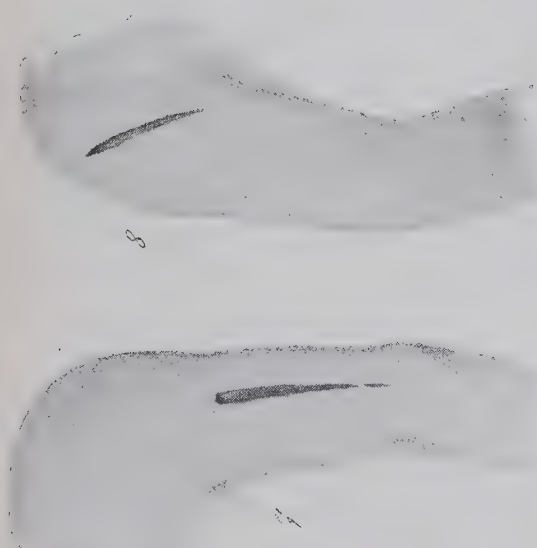
Man unterscheidet oberflächliche und tiefe Streifschüsse. Bei den ersteren findet man flache, mehr oder weniger scharf begrenzte Exkorationen oder Rinnen vor, bei den letzteren größere, tiefer gehende Substanzverluste. Die Streifschüsse durch undeformierte Vollmantelgeschosse sind stets oberflächlich; sie stellen seichte Furchen dar, welche sich von den Enden nach der Mitte zu allmählich vertiefen und hier häufig mit ihrer Form genau das Kaliber des verfeuerten Projektils wiedergeben. Ihre Länge variiert sehr, beträgt aber selten mehr als 5 cm. Eine solche Verletzung, wie sie die Fig. 18, 8 zeigt, ist recht selten. Die Ränder des Defektes sind meist gequetscht und nehmen nach einiger Zeit infolge der Eintrocknung eine bräunliche Färbung an.

Bei den Verletzungen durch Shrapnelkugeln oder großkalibrige Bleigeschosse ist der Defekt entsprechend größer, die Rinne stets unregelmäßiger; bei Streifschüssen durch Artillerieprojektilen werden oft ganze Stücke Haut mit fortgenommen. In manchen Fällen entsteht jedoch überhaupt kein Substanzverlust, sondern nur ein mehr oder weniger langer Riß, dessen Ränder genau aneinander passen. Am

2) Vergl. R. Köhler, Deutsche Zeitschrift für Chirurgie, Bd. 39.

Fig. 18.





8



9

Hautschußöffnungen bei reinen Weichteilverletzungen durch 8 mm-Stahlmantelgeschosse (nach Experiment und Leben).

Einschußöffnung:		Anschuß:		7. Ausschußöffnung 200 m Distanz.	
1. 1350 m	Distanz (nat. Größe).	1a. 1350 m	Distanz (nat. Größe).	8. Streifschuß (nach Makins).	9. Haarschuß:
2. 1200 "	"	2a. 1200 "	"	a) Einschuß.	b) Ausschuß.
3. 1000 "	"	3a. 1000 "	"	"	c) Bluterguß.
4. 600 "	"	4a. 600 "	"	"	"
5. 200 "	"	5a. 200 "	"	"	"
6. 1 "	"	6a. 1 "	"	"	"



Köpfe sieht man nicht selten große Lappenwunden, die in ihrem Aussehen ganz denen durch Hieb verursachten gleichen.

Streifschüsse kommen an allen Teilen des menschlichen Körpers vor; ich sah sie am häufigsten an den Fingern, wo sie ca. ein Viertel aller Schußverletzungen ausmachten.

Gehen sie tiefer, so sind sie infolge der starken Quetschung der umliegenden Gewebe meist schmerzhafter und heilen langwieriger, als penetrierende Hautschüsse, selbst bei Kleinkaliberverletzungen oft mit Eiterung. Die oberflächlichen Streifschüsse haben wenig Bedeutung.

### c) Die penetrierenden Schüsse der Haut.

Die penetrierenden Schüsse der Haut machen die Hauptmasse der Verletzungen derselben aus, meinen Notizen nach im modernen Feldzuge über 95 %. Bleibt das Projektil im Körper stecken, haben wir also einen blinden Schußkanal, so finden wir nur eine Einschußöffnung, in den übrigen, bei weitem zahlreicheren Fällen noch eine Ausschußöffnung.

Die Größe der Hauteinschußöffnung ist abhängig von dem Kaliber und der Geschwindigkeit des verwandten Geschosses, dem Winkel, unter welchem es auftrifft, von der Größe des Durchmessers, mit welchem es durchtritt und von der Beschaffenheit der Haut, sowie ihrer Unterlage.

Die Bedeutung des ersten Faktors ist ohne weiteres klar; ja, wir können sagen, daß die Ein- und auch Ausschüsse, wie wir hier hinzufügen müssen, bei Verletzungen mit kleinkalibrigen Geschossen das getreue Abbild der Hautöffnungen bei Verwundungen mit größeren Projektilen darstellen (vergl. Fig. 18 und 19).

Bei senkrecht auftreffenden Geschossen ist der Einschuß rund, etwa dem Kaliber entsprechend, seine Ränder sind in frischen Fällen nach innen gestülpt. Infolgedessen erscheint der entstandene Defekt größer, als in Wirklichkeit. Je geringer die Geschwindigkeit des Geschosses ist, desto mehr kann die Elastizität der Haut zur Geltung kommen, desto kleiner wird auch der Substanzverlust. Er kann daher äußerst geringfügig, bei Kleinkaliberverletzungen aus weiteren Entfernungen gleich null werden, nämlich an solchen

Stellen, an denen die Haut sehr wenig gespannt und reich an muskulösen Elementen ist, wie am Skrotum, Lippe, Wange usw. Man sieht dann oft nur einen je nach der Spalttrichtung quer oder längsgestellten Schlitz oder eine sternförmige Figur, deren Ränder dicht aneinander liegen (Fig. 18, 3).

Ist das Projektil schräg auf den Körper getroffen, so findet man ovale oder birnenförmige Einschüsse, welche sich mit dem Kleinerwerden des Aufschlagwinkels verlängern und immer mehr den Charakter eines Streifschusses annehmen. In den extremsten Fällen ist die Epidermis anfangs nur abgeschilfert: allmählich verbreitert und vertieft sich die entstandene Rille, um mit einer trichterförmigen Oeffnung in der Richtung des Schußkanals zu enden (Fig. 13, 7).

Die Ränder sind meist scharf, oft ein wenig eingerissen und tragen mehr oder weniger deutliche Spuren der Quetschung. Eine bräunliche Zone von mehreren Millimetern Breite, welche den Einschuß umgibt und durch die Abstreifung der Epidermis und die hierdurch bedingte Austrocknung der Cutis hervorgerufen wird, ist namentlich nach Verlauf der ersten 24 Stunden sichtbar. Außerdem kann man noch nach Makins<sup>1)</sup> zuweilen bei Wunden der unbedeckten Körperteile einen metallisch glänzenden Ring wahrnehmen, welcher demjenigen gleicht, den man bei Schüssen durch Papier beobachten kann.

Der Grund des Einschusses ist anfangs mit einem Blutkoagulum, später einem festhaftenden Schorfe ausgefüllt: an Stellen, an welchen die Haut starr und wenig elastisch ist, wie am Rücken, tritt darin das Unterhautzellgewebe zutage. In der näheren Umgebung sind oft Ekchymosen wahrzunehmen: mit der Umwandlung des Hämatoidins werden die bekannten Farbenerscheinungen sichtbar.

Hat das Projektil schon vorher den Erdboden oder einen anderen Gegenstand getroffen und ist dadurch mehr oder weniger in Querstellung gekommen, so findet dies seinen Ausdruck in der Form und Größe des Einschusses; zuweilen entspricht er in seiner Gestalt genau dem Längsschnitte des Geschosses. Bei Querschlägern pflegen die Ränder stark gequetscht und unregelmäßig zu sein; doch findet man sie mitunter auch ganz glatt. Ist das Projektil schon deformiert.

---

1) l. c. p. 57.

der Mantel teilweise vom Kern getrennt, so ist der Einschuß dementsprechend groß und unregelmäßig mit allen Zeichen starker Kontusion. die Haut oft von der Unterlage abgehoben.

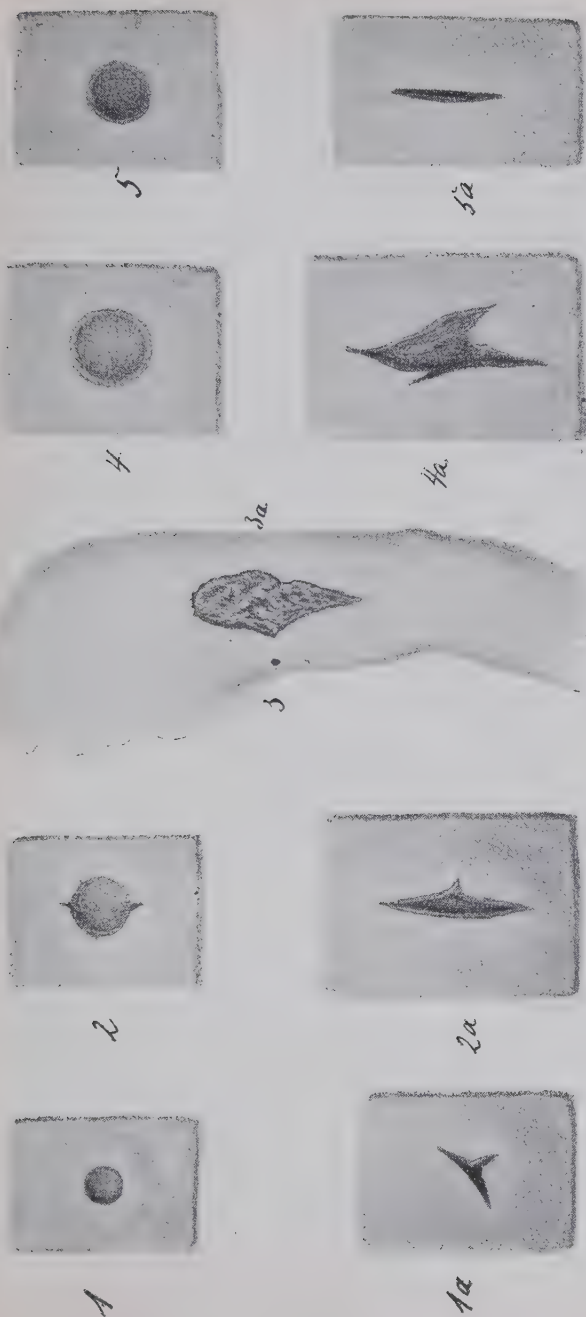
Mit zunehmenden Distanzen werden die Einschüsse kleiner; dies Resultat ergaben die Versuche der preußischen Medizinalabteilung bei Mantelgeschossen. Die Differenz in der Größe ist aber so gering, daß daraus niemals auch nur annähernd ein Rückschluß auf die Entfernung des Schützen zu ziehen ist. Eine Ausnahme machen nur die Verwundungen aus nächster Nähe, bei denen die Pulvergase noch wirksam sind. Hier findet man zuweilen abnorm große Einschüsse, Risse bis zu 10 cm Länge und darüber, sowie von entsprechender Breite: meist übertrifft allerdings die Hautöffnung das Kaliber des Projektils nur wenig. Die Umgebung ist häufig pulvergesehwärzt: auch wurde von uns einmal in unmittelbarer Nachbarschaft des Schußkanals ein mehrere Tage anhaltendes Emphysem beobachtet. Sehr kleine Einschüsse bei angeblichen Selbstverletzungen aus Unvorsichtigkeit legen stets den Verdacht einer absichtlichen Selbstverstümmelung nahe. Einen interessanten dahin gehörigen Fall sah ich in einem Lazarette zu Prätoria. Hier lag ein Patient, welcher sich nachweislich mit einem 7,7 mm Lee-Enfieldgeschosse, das er in eine Martini-Henry-Büchse (11 mm) lud, selbst verwundet hatte. Den Beweis lieferten die gebrauchte Hülse und die unverbrannten Corditfäden, welche sich noch im Laufe vorfanden. Der Einschuß war hier trotz der geringen Entfernung nur ganz klein.

Bei Verwundungen mit großkalibrigen Bleigeschossen sind die Zeichen der Quetschung in der Umgebung des Einschusses meist stärker; auch findet man häufiger schwärzliche Verfärbungen durch eingesprengte Pulverkörner, abgestreiften Pulverschleim und mechanische Abspritzungen kleinster Bleipartikelchen<sup>1)</sup>. Im übrigen gilt die Beschreibung, wenn man die Größenverhältnisse berücksichtigt, für beide Geschoßarten (Fig. 19).

Die Hauteinschußöffnung ist, wenn eine Shrapnelkugel den Körper senkrecht trifft, rund, oft etwas kleiner, als dem Kaliber entspricht, da bei der langsameren Geschwin-

1) Schjerning, Thöle, Voss, l. c. p. 75.

Fig. 19.



Hauteinschußöffnungen bei reinen Weichteilverletzungen durch deformierbare Geschosse (nach Experiment und Leben).

Einschußöffnung:

1. 11 mm Bleigeschoß 1000 m (nat. Größe).
2. 11 " " 200 " " "
3. 8 mm Bleispitzengeschosß 200 m ( $\frac{1}{4}$  Größe).
4. 12,5 mm Shrapnellfüllkugel c. 250 m/sec. (nat. Größe).
5. 12,5 " " c. 75 " " "

Ausschußöffnung:

- 1a. 11 mm Bleigeschoß 1000 m (nat. Größe).
- 2a. 11 " " 200 " " "
- 3a. 8 mm Bleispitzengeschosß 200 m ( $\frac{1}{4}$  Größe).
- 4a. 12,5 mm Shrapnellfüllkugel c. 250 m/sec. (nat. Größe).
- 5a. 12,5 " " c. 75 " " "

digkeit des Projektils die Elastizität der Haut noch zur Geltung kommt. Bei den Schießversuchen der Medizinalabteilung war die kreisrunde Form dann am reinsten ausgeprägt, wenn sich dicht unter dem Einschusse Knochen befand und die Haut unter starker Spannung stand. In solchen Fällen sah die Öffnung oft wie ausgestanzt aus. Auch wurde häufiger beobachtet, wie sich mitgerissene zerriebene oder ganze Tuchfetzen bereits am Einschusse durch eine dunkle Verfärbung desselben bemerkbar machten<sup>1)</sup>. Ich habe dies im südafrikanischen Feldzuge nicht beobachten können: möglich ist, daß das Gewebe der Kleidungsstücke (Khaki usw.) einen Einfluß hatte.

Durch das Auftreffen der Kugel unter einem spitzeren Winkel ändert sich, wie schon geschildert, das Gepräge des Einschusses, ebenso durch eine Deformation.

Die Eingangsöffnung bei Verwundungen durch Granatsplitter stellt meist einen Defekt dar, welcher im allgemeinen erheblich kleiner ist, als der Splitter selbst: nur dann gleicht er ihm fast genau in Form und Größe, wenn dicht unter der Haut Knochen gelegen ist. Bei schrägem Auftreffen des Projektils wird der Substanzverlust entsprechend bedeutender. Seine Ränder sind stets stark zerrissen, deprimiert: die nähere und oft auch die weitere Umgebung trägt die Spuren der Kontusion in Gestalt von Blutergüssen.

Die Ausschußöffnung ist bei Verletzungen mit kleinkalibrigen Geschossen im allgemeinen größer, als der Einschuß; wie aus letzterem, so lassen sich auch aus ersterer sehr selten sichere Schlüsse auf die Entfernung ziehen. Es sind vielmehr zumeist andere Faktoren, welche für ihre Gestalt und Größe maßgebend sind: so hauptsächlich die Festigkeit der getroffenen Gebilde, die Beschaffenheit, Elastizität, Spannung der Haut, sowie der Winkel, unter welchem der Körper von dem Projektil verlassen wird.

Beim senkrechten Durchtritte und großer Geschwindigkeit desselben stellt der Ausschuß öfters einen runden Defekt dar, welcher das genaue Ebenbild des Einschusses ist. Ich fand dies Verhalten in ca. 15 % aller Weichteilverletzungen. Meist zeigt allerdings der Ausschuß eine unregelmäßige Gestaltung: man findet dreieckige, herz-, nieren-, halbmond-, sternförmige Hautdefekte, besonders häufig aber

1) Schjerning, a. a. O. S. 136.



Schlitze, welche wiederum je nach dem Verlaufe der Langer'schen Spaltlinien senkrecht oder quer gestellt sind (Fig. 18, 1a—5a).

Beim schrägen Austritte des Projektils aus dem Körper sieht man ovale Ausschüsse, welche im Aussehen ganz dem Einschusse gleichen, sodaß ich auf die Beschreibung desselben verweisen kann. Ich muß allerdings bemerken, daß hier doch gewisse Unregelmäßigkeiten vorwalten.

Aus dem Ausschusse hängen häufig Fetzen blutigen Unterhautzellgewebes hervor; seine Ränder sind meist nach außen umgebogen. Dies sieht man nicht nur in frischen Fällen, sondern oft noch nach Tagen, sodaß darin ein wichtiges Unterscheidungsmittel gegenüber dem Einschusse liegt. Je geringer die Geschwindigkeit des Projektils, desto deutlicher ist dies Verhalten ausgesprochen.

Auch bei reinen Weichteilverletzungen kann das Projektil aus seiner Bahn gelenkt und in Querstellung übergeführt werden: es findet dies seinen Ausdruck in der Form und Größe des Ausschusses. Selbst wenn durch die Operation mit Bestimmtheit die Beteiligung eines Knochens auszuschließen war, sah ich vereinzelt trotz kleinen Einschusses bei Verwundungen mit 7.0 resp. 7.7 mm Geschossen und schrägem Durchtritte durch die Haut Oeffnungen darin bis zu einem Umfange von 4.5 : 2.5 cm. Im ganzen schwankte der bedeutendste Durchmesser des Ausschusses zwischen 0.4 und 4.5 cm, durchschnittlich etwa zwischen 0.6 und 1.2 cm.

Eine besondere Ausnahmegröße zeigt dieser nur bei Schüssen aus allernächster Distanz. Ich sah dann in der Wade gewaltige Risse, deren Ausdehnung zweimal 13:5 $\frac{1}{2}$ , 15:4 cm betrug. in der Hand kreuzförmige, breitklaffende Wunden bis zu 9 cm Länge. Aus diesen Oeffnungen quoll zerrissene, gequetschte Muskulatur, zerfeizte Fascie hervor (Fig. 18, 6a).

Der Ausschuß bei Verletzungen durch Bleigeschosse ist meist kleiner, als der Einschuß; doch kommen Ausnahmen häufiger zur Beobachtung, dann, wenn Nahschüsse vorliegen, wenn ein senkrecht auftreffendes Projektil durch Knochen, Sehnen und dergl. aus seiner Flugrichtung gelenkt oder deformiert wird, ferner sobald Knochensplitter mit nach außen gerissen werden.

Dasselbe Größenverhältnis zwischen Ein- und Ausschuß ergaben die Versuche der preußischen Medizinalabteilung bei

Shrapnelverletzungen<sup>1)</sup>. Der Grund hierfür muß in der Abnahme der lebenden Kraft der Kugeln während der Passage durch den menschlichen Körper gesucht werden. Steht die Größe der beiden Oeffnungen im umgekehrten Verhältnisse zueinander, so muß entweder die lebendige Kraft des Geschosses besonders groß oder die Widerstandsfähigkeit des Zieles besonders klein gewesen sein. Letzteres ist der Fall bei kurzen Schußkanälen und reinen Weichteilverletzungen.

Meine Erfahrungen während des südafrikanischen Feldzuges schienen dies zu bestätigen. Ich fand den Ausschuß bald kleiner als den Einschuß, in anderen Fällen, namentlich bei gleichzeitiger Knochenverletzung, wieder größer.

Gleichwie bei den Verwundungen durch die alten Bleigeschosse ist auch bei Verletzungen durch Shrapnelfüllkugeln der Ausschußdefekt dann rund, wenn das Projektil während des Durchtrittes durch den Körper nur eine geringe Herabsetzung seiner lebendigen Kraft erfahren hat, also bei Weichteilschüssen, vorausgesetzt, daß der Einschuß dieselbe Gestalt hatte. Meist ist die Form des ersteren allerdings weit mannigfacher und wechselnder, als die des letzteren, sodaß wir bald Schlitz-, bald sternförmige, in anderen Fällen ganz unregelmäßige Oeffnungen vorfinden. Sehr häufig ragen über den nach außen gestülpten, oft eingerissenen Rändern Weichteiltrümmer hervor.

Die Austrittsöffnung ist bei Verwundungen durch Granatsplitter regelmäßig kleiner, als der Einschuß, demnach auch kleiner, als das Sprengstück selbst und stellt meist einen unregelmäßigen Defekt, zuweilen auch nur einen einfachen Riß dar. Seine Ränder sind weniger zerrissen und geringer gequetscht, als die des Eingangsloches, oft nach außen gestülpt, überragt von heraushängenden Gewebsfetzen. Bei tangentialen Auftreffen des Splitters auf den Körper sind beide Oeffnungen häufig nur durch eine schmale, unversehrte Hautbrücke von einander getrennt.

Bei den Verwundungen durch Dum-Dumgeschosse haben wir die Geschwindigkeit des modernen Gewehrprojektils kombiniert mit der leichten Deformierbarkeit des alten Bleigeschosses; hier finden wir zuweilen ganz enorme Hautwunden, welche so aussehen, als wenn sie durch grobes Geschütz hervorgerufen wären (vergl. Fig. 19, 3a). Ganz so

1) Schjerning, Thöle, Voss, l. c. S. 137.

gewaltig, wie sie nach den Ergebnissen der Schießversuche an Leichen scheinen, sind sie am Lebenden meist nicht, da die Haut nach dem Tode bedeutend an Festigkeit einbüßt und leichter reißt. Jedoch verband ich selbst nach der Schlacht bei Karree-Siding bei einem jungen Buren eine 10 cm lange, weitklaffende Wunde des Oberarmes, welche offenbar durch ein Teilmantelgeschöß hervorgebracht war.

Nach den Untersuchungen von Paul v. Bruns<sup>1)</sup> bildet der Ausschuß bei Verletzungen durch Bleispitzengeschosse auf eine Distanz bis zu 200 m oft mächtige Risse von 10 bis 15 cm Länge, während der Einschuß nur eine kleine, runde Oeffnung darstellt. In anderen Fällen dagegen sind zwei getrennte Oeffnungen überhaupt nicht von einander zu unterscheiden; die Haut ist über die ganze Länge des Schußkanals zerrissen. Außerdem ist sie meist noch an anderen Stellen in der Längsrichtung geplatzt, so daß zuweilen mächtige kreuzförmige Ausgangswunden entstehen.

Mit abnehmender Entfernung wird die Sprengwirkung auch kleiner; es werden jedoch noch bis zu 600 m Ausschüsse von 7 cm Länge beobachtet. Von da ab ist kein Unterschied gegenüber den Verletzungen mit den gewöhnlichen kleinkalibrigen Projektilen beobachtet.

Rührt die Wunde von einem Hohlspitzengeschosse<sup>2)</sup> her, so sind die Hautöffnungen stets von einander getrennt; der Einschuß ist klein, der Ausschuß auf nahe Distanzen oft ein klaffender Riß von 3—9 cm Länge. Daneben ist die Haut zuweilen in 2—4 Längsrissen geplatzt. Schon mit 200—400 m Entfernung läßt die Sprengwirkung hier erheblich nach, sodaß die Ausgangsöffnung dann meist nur 10 bis 15 mm mißt, zuweilen allerdings die Länge von 20—30 mm erreicht. Mit 600 m ist wiederum kein Unterschied gegenüber dem Vollmantelgeschosse zu konstatieren.

Nicht selten verläßt das Projektil den Körper an irgend einer Stelle und tritt an einer anderen wieder hinein, macht somit mehrere von einander getrennte Ein- und Ausschüsse. Da die Haltung des Verwundeten im Momente des Schusses meist eine ganz andere ist, wie bei der Unter-

1) v. Bruns, Ueber die Wirkung der Bleispitzengeschosse, 1898, S. 6 ff.

2) v. Bruns, Ueber die Wirkung der Hohlspitzengeschosse, 1899, S. 24 ff.

suchung durch den Arzt, so muß man die frühere Stellung der Glieder wieder herstellen, um die Hautöffnungen in eine Richtung zu bringen. Einen eklatanten derartigen Fall beschreibt Küttner<sup>1)</sup>. Acht bereits verheilte Wunden, vier Ein- und vier Ausschüsse, lagen auf einer Linie, welche sich von der Rückseite des Ellbogengelenkes her bis zu dem Rande der Scapula erstreckte. Ueberall war nur Haut und oberflächliche Muskulatur durchschlagen: die acht Oeffnungen waren durch handbreite Abstände von einander getrennt und befanden sich bei horizontal eleviertem Arme in einer geraden Linie.

Derartige Doppelverwundungen durch ein und dasselbe Geschloß fand ich häufiger bei Schüssen durch Oberarm und Brust, durch Unter- und Oberarm in Anschlagstellung, durch beide Extremitäten und die Beckengegend. Bei einem jungen Buren, welcher während des Urinierens verletzt wurde, durchbohrte die Kugel zuerst die Hand, welche er deckend über den Penis hielt, sodann den Unterleib.

In anderen Fällen dagegen fehlt der Ein- oder Ausschuß vollständig; hier benutzte das Geschloß eine der natürlichen Körperöffnungen, wie den Mund oder eines der Nasenlöcher, den äußeren Gehörgang zum Ein- resp. Austritte. Aus dem Feldzuge gegen Frankreich wurde sogar der Fall berichtet, daß ein mattes Geschloß in den Mund eines Mannes eindrang, von ihm verschluckt und später mit dem Stuhlgange wieder zu Tage befördert wurde.

Durch ein zerrissenes Projektil und fortgeschleuderte Knochensplitter können bei nur einem Einschusse zwei bis drei, selbst noch zahlreichere Ausschußöffnungen zustande kommen. Wenn auch solche Fälle früher wohl häufiger waren, so bilden sie auch jetzt, namentlich bei den Frakturen der mächtigen Röhrenknochen, trotz des festeren Gefüges des Mantelgeschosses keine Seltenheit.

Daß zwei Projektile genau an derselben Stelle des Körpers eindringen, an zwei verschiedenen Stellen denselben dagegen verließen, also drei Hautöffnungen das Resultat zweier perforirender Schüsse darstellten, dies seltene Ereignis verzeichnet unser Kriegssanitätsbericht von 1870/71.

Die Unterscheidung zwischen Ein- und Ausschuß ist, wie aus meinen Schilderungen hervorgeht, nicht

1) l. c. S. 24.

immer leicht, oft auch nicht einmal mit annähernder Sicherheit zu treffen, so daß man dann vollständig auf die Angaben der Verwundeten angewiesen ist. Im allgemeinen interessiert ja die Entscheidung hierüber weniger den Kriegschirurgen, als den Gerichtsarzt; doch kann z. B. die Konstatierung der Tatsache, ob jemand von vorn oder hinten getroffen wurde, auch im Felde von Bedeutung werden.

Das wichtigste diagnostische Merkmal ist die Depression der Ränder beim Einschusse, die Ausstülpung derselben beim Ausschusse; jedoch ist dieses Verhalten nur in frischen Fällen mit Sicherheit zu erkennen. Ebenso findet man dasselbe bei Schüssen aus nahen Distanzen nur wenig ausgeprägt.

Das Größenverhältnis beider Hautöffnungen ist nur mit Vorsicht für die Diagnose zu verwerten. Man kann zwar annehmen, daß bei Verletzungen durch kleinkalibrige Projektile der Auschuß meist größer ist, als der Einschuß, während bei Verwundungen durch Shrapnellfüllkugeln und die alten Bleigeschosse, sowie Granatsplitter die umgekehrte Regel gilt; doch sind Ausnahmen sehr häufig.

Zeichen von Verbrennung, einen metallisch glänzenden Ring wird man stets nur beim Einschusse beobachten können: meist werden auch nur hier Ekchymosenbildung infolge der Quetschung, sowie die vorhin beschriebene Eintrocknungszone wahrzunehmen sein.

Findet man Knochenpartikel in einer der Hautöffnungen, so ist man wohl im allgemeinen zu der Annahme berechtigt, daß dies der Auschuß ist; es können jedoch auch bei Schußfrakturen durch Vermittelung des Markes oder bei Schädelverletzungen durch rückwärts gerichtete Flüssigkeitsströmungen im Gehirne Splitter nach hinten zu geschleudert werden, so daß sie im Einschusse liegen. Derartige Beobachtungen sind wiederholt gemacht worden. Kot, Mageninhalt oder vorgefallene Darmschlingen sieht man stets nur im Ausschusse.

Häufig vermag noch die Betrachtung der Kleidungsstücke der Verwundeten über diesen Punkt Aufschluß zu geben. Die Ränder der Eingangsöffnung pflegen nach innen, die des Ausschusses nach außen gestülpt zu sein. Allerdings hat sich dieser Unterschied, wenn der Arzt den Patienten zu Gesichte bekommt, infolge der vielen Manipulationen meist schon verwischt.



Unter Umständen kann noch dem Kriegschirurgen die Frage vorgelegt werden, welchem Projektil die Verwundung zu verdanken sei. So berichtet Lühe<sup>1)</sup>, daß die Offiziere der Werderarmee 1870/71 sich häufiger während des Gefechtes bei den Aerzten nach dem Kaliber der feindlichen Geschosse erkundigten, um daraus einen Rückschluß auf die Bewaffnung der Franzosen und indirekt auf ihre Zusammensetzung zu ziehen. Hier gilt der vorhin schon erwähnte Satz, daß mit dem Durchmesser des Projektils auch die Größe der Hautöffnungen zunimmt. Da auf den Ausschuß zu verschiedenartige Faktoren einwirken, so wird man meist nur die Eingangsöffnung in Betracht ziehen können. Ist sie rund, so wird man mit großer Sicherheit daraus das Kaliber bestimmen können. Bei schrägem Durchtritte des Geschosses wird die Entscheidung schon schwieriger zu treffen sein; ganz unmöglich ist sie, wenn es sich um deformierte Projektils handelt, sofern diese nicht ganz oder zum Teil im Körper zurückgeblieben sind.

Die Verletzung des subkutanen Bindegewebes ist meist größer, als die der elastischen Cutis und Epidermis. Dies gilt nicht nur für die Verwundungen mit den modernen kleinkalibrigen Gewehrprojektilen<sup>2)</sup>, sondern auch für die Shrapnellfüllkugeln und alten Bleigeschosse. Es verglich daher schon Dupuytren den Eingang der Schußwunden mit einem Kegel, dessen Spitze in der Hautöffnung liegt<sup>3)</sup>. Uebrigens kommt auch das umgekehrte Verhalten zum Ausdruck.

Typische Verletzungen, bei denen die *Tela subcutanea* von dem Projektil auf eine größere Strecke durchsetzt wurde, stellen die Haarseilschüsse dar. Beide Hautöffnungen sind hier meist länglich oval, zuweilen von ausgesprochener Dreiecksform; sie bilden eine allmählich sich vertiefende Rille mit scharfen Rändern, gleichen also den Streifschüssen. Die Blutung ist wegen des Gefäßreichtums der *Tela subcutanea* oft reichlich; die Haut über dem meist deutlich fühlbaren Schußkanale zeigt daher noch lange die bekannte wechselnde Färbung (vergleiche Fig. 18, 9).

1) Lühe, Vorlesungen über Kriegschirurgie, S. 41.

2) Makins, p. 67.

3) *Traité théorique et pratique des blessures par armes de guerre*, übersetzt von Kalisch. Berlin 1836.

## II. Die Schußverletzungen des Muskelsystems. Die Schußkanäle in den Weichteilen.

Die Muskulatur kann ebenso wie die Haut durch Prellschüsse verletzt werden. Es resultieren daraus mehr oder weniger weit gehende Zerreißen; in schweren Fällen, namentlich, wenn die Verwundung durch mattes, grobes Geschütz verursacht wurde, werden ausgedehnte subkutane Zermalmungen beobachtet, welche wenig Typisches darbieten.

Sehr viel häufiger sind die penetrierenden Wunden. Der Schußkanal stellt hier eine zylindrische Röhre dar, deren Durchmesser in nahen Distanzen meist etwas größer ist, als der des Projektils, in mittleren und weiteren Entfernungen dagegen noch unter das Kaliber hinuntergeht<sup>1)</sup>. Die Wundungen sind meist glatt, wenig zerrissen, die Umgebung je nach dem Gefäßreichtume des Gewebes mit Blut durchtränkt. Infolge des verschiedenen Kontraktionszustandes der einzelnen Muskelgruppen und Fasern im Augenblicke der Verletzung ist der Kanal später nicht mehr geradlinig, sondern zeigt mannigfache Windungen und Abknickungen (Fig. 20 u. 21).

Daß der entstandene Defekt meist hinter dem Durchmesser des Geschosses zurückbleibt, ist die Folge der hohen Elastizität der Muskulatur. Je geringer nun die Geschwindigkeit des Projektils ist, desto besser vertragen auch die einzelnen Fasern eine Dehnung, und um so vollkommener kehren sie in ihre frühere Lage zurück. Je breiter die Angriffsfläche der Gewalt ist, je schneller ihre Einwirkung vor sich geht, desto ausgedehnter werden auch die Zerreißen sein. Es ist daher der Substanzverlust bei Verletzungen durch die alten Bleigeschosse und Shrapnellfüllkugeln dem Kaliber entsprechend größer, als bei den kleineren modernen Gewehrprojektilen, und bei hoher Geschosßgeschwindigkeit erheblicher, als bei geringer.

Ebenfalls von Bedeutung für die Ausdehnung der Zerstörung ist der jeweilige Kontraktionszustand der Muskulatur; war diese im Augenblicke ihrer Durchbohrung erschlaft, so ist der entstandene Defekt weniger umfangreich, als im gespannten Zustande.

---

1) Vergl. Med.-Abt., S. 333. — Makins, l. c. p. 67.

Gewöhnlich hat der Muskelkanal in allen seinen Abschnitten eine annähernd gleiche Stärke. Nur bei Verwundungen aus den nächsten Distanzen beobachtet man des öfteren eine kraterförmige Erweiterung desselben gegen den

Fig. 20.



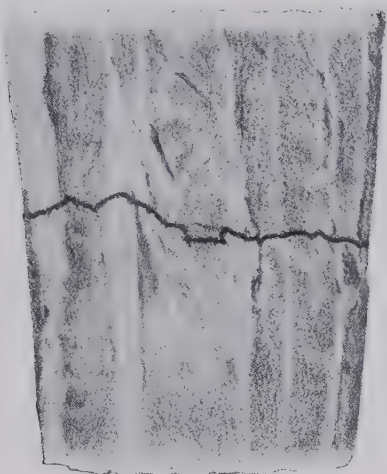
Metallausguß eines Weichteilschusses durch Oberschenkel. 100 m Distanz.  
8 mm-Stahlmantelgeschoß. (Nach v. Coler und Schjerning.)

Ausgang zu, dieselbe Erscheinung, wie sie bei Schüssen auf feuchten Thon wahrgenommen wird und als die Folge der Uebertragung von kinetischer Energie auf das flüssige Medium aufgefasst werden muß. Auch wenn der Knochen unversehrt

geblieben ist, sieht man hier gewaltige Zerreißen der Muskelsubstanz, welche weithin verstreut sein kann. Solche Zerstörungen nimmt man jedoch bei Anwendung des Mantelgeschosses nur bei Verletzungen aus nächster Nähe (1—2 m) wahr, während sie z. B. im deutsch-französischen Kriege 1870/71 noch auf Entfernungen bis zu 50 Schritten beobachtet wurden.

Erweiterungen des Schußkanals finden sich ferner, wenn das Projektil beim Durchsetzen der Weichteile plötzlich auf

Fig. 21.



Weichteilschuß durch den Unterschenkel.  
800 m Distanz. 8 mm. (Nach v. Coler und Schjernerling.)

einen größeren Widerstand, z. B. eine derbe Fascie, Sehne oder Aponeurose stößt und nun zu pendeln beginnt. Auch beim Mantelgeschosse sieht man dann im Beginn der dem Hindernisse folgenden Strecke kleinere, mit zertrümmerter Muskelsubstanz angefüllte Höhlungen, deren Wandungen stark zerrissen sind. Shrapnellfüllkugeln und Bleigeschosse werden durch solche Gewebe oftmals deformiert und zersplittert, sodaß dann größere Zerstörungen entstehen.

Die Schußkanäle in der Zwerchfelle unterscheiden sich in nichts von denen der übrigen Muskulatur. Bald

findet man runde, bald ovale Löcher, ein anderes Mal ausgedehntere Risse, durch welche selbst Darmschlingen hindurchschlüpfen können. Die Größe der Oeffnungen übertrifft meist die des Kalibers des Geschosses, da dieses bei seinem langen Wege durch den Körper und den wechselnden Widerständen, welche es hierbei fand, meist mehr oder weniger in Querstellung kommt.

Sehnen werden durch alle Geschoßarten meist in Form eines in der Faserrichtung verlaufenden Schlitzes durchbohrt, ohne daß ein Substanzverlust entsteht; sind sie an ihrer Unterlage fixiert, oder liegen sie direkt dem Knochen auf, so sieht man jedoch auch runde Defekte (so z. B. an Hand und Fuß). Selbst totale Zerreißen, Abreißen von der Insertion werden beobachtet, namentlich bei Querschlägern. Geschossen mit geringer lebendiger Kraft können die Sehnen ausweichen; es wurde dies früher als die Regel, die Durchschlagung als die Ausnahme hingestellt.

Durch matte Projektile, namentlich größeren Kalibers, können Sehnen subkutan zerrissen werden. Nach H. Fischer<sup>1)</sup> fand man dabei zuweilen ausgedehnte Quetschungen, welche zur Nekrose führten.

Fascien und Aponeurosen werden durch Geschosse von geringerer Durchschlagskraft meist ebenfalls schlitzförmig durchbohrt, ohne daß ein Defekt entsteht. Dagegen bilden scharfrandige, runde Substanzverluste von der Größe des Kalibers die Regel bei Projektilen mit großer Geschwindigkeit. Nach den Versuchen der preußischen Medizinalabteilung gleichen die Oeffnungen in diesen Geweben gewöhnlich in ihrer Form und Größe dem Hautein- und Ausschusse und können daher in manchen Fällen zu diagnostischen Schlüssen verwertet werden.

Ausgedehnte Zerstörungen aller Weichteile, der Muskulatur, Sehnen und Fascien beobachten wir bei Verletzungen durch Dum-Dumgeschosse bis zu Entfernungen von 600 m hin. Je geringer die Distanz, desto gewaltiger fällt auch die Sprengwirkung aus.

Bei Verwundungen durch Bleispitzengeschosse<sup>2)</sup> bis zu 200 m findet man für mehrere Finger durchgängige Kanäle in der Muskulatur, welche an der Ausgangsöffnung

---

1) l. c. S. 74.

2) v. Bruns, Wirkung der Bleispitzengeschosse, S. 6.



zuweilen über Mannsfaustgröße erreichen. Fascien, Sehnen, Aponeurosen, welche im Wege liegen, sind sämtlich in weiter Ausdehnung zerrissen. Schon bei 200—400 m Distanz nehmen die Zerstörungen erheblich ab; der Schußkanal vergrößert sich allerdings immer noch trichterförmig, bis dann bei 600 m jeder Unterschied gegenüber den gewöhnlichen kleinkalibrigen Gewehrprojektilen ausgeglichen ist.

Geringer ist die Wirkung der Hohlspitzengeschosse<sup>1)</sup>. Hier findet man bei Verwundungen aus nahen Entfernungen kraterförmige Erweiterungen der Muskelkanäle, deren Durchmesser allmählich abnimmt, um ebenfalls auf 600 m nur die gewöhnliche Größe zu zeigen.

Vollkommen atypisch sind die Schußkanäle in den Weichteilen, wie sie die Granatsplitter hervorrufen; ihre Form richtet sich ganz nach der Gestalt des Sprengstückes. So findet man bald runde, röhrenförmige, bald ganz unregelmäßige, blutdurchtränkte Wunden, in deren Bereiche die Muskulatur, Sehnen und Fascien in ausgedehnter Weise zerrissen sind.

Unkreperte Granaten machen meist keine eigentlichen Schußkanäle; Ausnahmen davon sind bis jetzt nur beobachtet worden bei Verletzungen durch die kleinen Maschinenkanonen (Kaliber 3,7—4,7 cm). So erwähnt der japanische Sanitätsbericht 1894/95, daß ein 4,7 cm-Geschoß den Bauch eines Seesoldaten quer durchsetzte<sup>2)</sup>. Nach Makins sollen ähnliche Fälle im Burenkriege wahrgenommen sein; jedenfalls aber stellen sie große Seltenheiten dar<sup>3)</sup>.

Der Verlauf der Schußkanäle in den Weichteilen ist, abgesehen von den vorhin erwähnten, durch den verschiedenen Kontraktionszustand der Muskulatur hervorgerufenen Abknickungen, bei den modernen Projektilen meist gradlinig, sodaß die Verbindungslinie des Hautein- und Ausschusses den Pfad derselben ergibt. Natürlich muß man sich die Stellung des Verletzten im Augenblicke seiner Verwundung genau zurückkonstruieren, um den Weg, welchen die Kugel genommen, verstehen zu können. Der Arm muß wieder in Anschlagstellung gebracht oder über den Kopf erhoben, der Rumpf seitlich gedreht oder gebeugt, das Knie

---

1) v. Bruns, Wirkung der Hohlspitzengeschosse, 1899, S. 24.

2) l. c. S. 33.

3) l. c. S. 478.

und die Hüfte flektiert werden usw.; in manchen Fällen ist die Lage des Körpers überhaupt später nicht wiederzugeben, so daß dann bei der Untersuchung ganz unklare Bilder entstehen.

Ein winkliger Verlauf des Schußkanales ist früher bei der Verwendung der wenig perkussionskräftigen Bleigeschosse recht häufig beobachtet worden; schon Sehnen oder Aponeurosen vermochten die Richtung derselben zu verändern. Auch bei den modernen kleinkalibrigen Projektilen ist dies keine Seltenheit. Allerdings müssen bei der großen Geschwindigkeit desselben die Widerstände im Körper naturgemäß schon recht bedeutend sein, wie die Diaphysen des Femur, der Tibia; Mantelgeschosse mit geringerer lebendiger Kraft können jedoch, auch ohne auf einen Knochen zu treffen, ihre Flugrichtung ändern. Wir selbst konnten dies zu verschiedenen Malen bei der Operation oder durch das Röntgenbild nachweisen. Küttner<sup>1)</sup> fand das Projektil einmal fast vollständig gedreht, so daß die Spitze mehr gegen den Einschuß, als gegen den Ausschuß sah. Ähnliches beobachtet man hauptsächlich bei den langen Schußkanälen, wie sie im Liegen entstehen.

Die ausgedehnten Versuche der Medizinalabteilung haben ergeben, daß bei ungefähr der Hälfte solcher Fälle das Geschosß seine Richtung geändert hatte. Welche Wichtigkeit die Konstatierung dieser Tatsache für die Stellung der Prognose hat, liegt auf der Hand, zumal da in den Schlachten der Neuzeit die Truppen einen großen Teil der Verluste im Liegen erleiden. Allerdings endet gerade von diesen Verwundeten ein sehr hoher Prozentsatz schon auf der Stelle oder bald auf der Wahlstatt tödlich; immerhin befanden sich unter den Verletzungen, welche wir in Südafrika in Behandlung hatten, ungefähr 15 % lange Schußkanäle. Darunter sieht man sehr häufig Fälle ohne jedes schwerere Symptom verlaufen, in denen der Schußrichtung nach die Annahme gerechtfertigt wäre, daß wichtige Organe getroffen sind. Dies braucht nun keineswegs immer richtig zu sein, da hier nicht selten alle Bedingungen für das Zustandekommen einer Ablenkung der Kugel aus ihrer ursprünglichen Bahn zusammentreffen. Das moderne Feuergefecht wird von seiten der Kämpfenden meist schon auf weite Entfernung im Liegen eröffnet; es genügen

---

1) l. c. S. 22.

daher bei der schon herabgeminderten Durchschlagskraft auch eines modernen Gewehrprojektils und bei seinem langen Wege im menschlichen Körper scheinbar geringfügige Hindernisse, wie die Sehnen, Aponeurosen der langen Rückenstrecker, weit eher natürlich Wirbelknochen, Rippen, das Darmbein, um den geradlinigen Verlauf des Geschosses zu ändern. Selbst die Muskulatur im Kontraktionszustande bringt dieselbe Wirkung hervor, zumal wenn der Aufschlagswinkel ein spitzer ist.

Aus diesen Gründen ist es selbst bei der Leiche oft nicht leicht, ja zuweilen ganz unmöglich, den Schußkanal in den Weichteilen zu verfolgen, zumal da nicht so selten scheinbare Unterbrechungen desselben vorkommen. Wie schon erwähnt, können locker fixierte Gebilde, wie Sehnen, Gefäße, selbst Därme, der andringenden Kugel ausweichen. Haben sie späterhin wieder ihre alte Lage eingenommen, so entstehen oft unüberwindliche Schwierigkeiten bei der Aufsuchung des Kanales, namentlich dann, wenn mangels jeder Hautausschußöffnung die Richtung, welche das Projektil genommen hatte, vollständig dunkel ist.

Einen Geschößverlauf, welcher im ersten Augenblicke unverständlich ist, sieht man ja im Kriege sehr häufig. So wurden nach den Kämpfen in den böhmischen Engpässen 1866 viele von unten nach oben gehende Schußkanäle gefunden. Im südafrikanischen Feldzuge beobachtete man z. B. fast vollständige Längenschüsse durch Ober- und Unterarm, eine Verletzung, welche sich nur durch die Annahme der Anschlagstellung im Momente der Verwundung erklärt.

Der Schußkanal kann sich bei der großen Durchschlagskraft der modernen kleinkalibrigen Projektile über den ganzen menschlichen Körper erstrecken, seine Ausdehnung daher 1 m und darüber betragen. So sah ich einen in der Rekonvaleszenz befindlichen englischen Soldaten, dem die Kugel in die rechte Supraklavikulargrube hinein und handbreit unterhalb der Gefäßfalte wieder hinausgedrungen war. Fälle, in welchen der Thorax und das Abdomen ihrer ganzen Länge nach durchbohrt wurden, sind gar nicht selten. Bei den Versuchen der Medizinalabteilung wurden noch auf 600 m Distanz vom Schützen Hauteingangsöffnungen im Schädel, die Austrittsöffnung am Becken oder Oberschenkel gefunden. Trotzdem das Geschöß auf diesem Wege mehrfach Knochen durchsetzen mußte und infolge der wechselnden Widerstände

zum Querschläger geworden war, hatte es doch noch den Körper verlassen.

Auch die Sprengstücke der Granaten können sehr lange Schußkanäle hervorrufen. So berichtet Rupprecht<sup>1)</sup> aus dem deutsch-französischen Kriege, daß ein 6 Pfund schwerer Splitter am oberen Rande des linken Schulterblattes eindrang und Knochen mitsamt den Weichteilen zermalmend, erst in der Lendengegend zur Ruhe kam.

Als Inhalt eines Schußkanales findet man neben zertrümmerten Gewebsetzen und Blut häufig auch fremde Körper, Teile von direkten und indirekten Geschossen, sowie Stücke der Kleidung des Verletzten. Seit Einführung der modernen kleinkalibrigen Projektile begegnet man den letzteren ungleich seltener in den Wunden, meist nur bei Querschlägern. Makins<sup>2)</sup> konnte durch Beobachtungen an Lebenden feststellen, daß wollene und flannelne Uniformgegenstände leichter mit in den menschlichen Körper hineingerissen werden, als leinene, die in der Regel in der Form eines Schlitzes durchbohrt werden. Bei den Versuchen der Medizinalabteilung wurden bei 12 % der Schüsse über 700 m hinaus mit Bestimmtheit Leinwandfasern in den Schußkanälen festgestellt und zumeist auch durch eine mikroskopische Untersuchung bestätigt. Diese dem bloßen Auge eben durch eine schwarze Färbung sichtbar gemachten Partikel nimmt man jedoch am Lebenden nur äußerst selten wahr, da sie in der Regel reaktionslos einheilen.

Zur Zeit der Anwendung der älteren Bleigeschosse im Feldzuge wurden mitgerissene Teile der Uniform häufiger durch Eiterung abgestoßen; ebenso fanden wir dies Ereignis nicht selten bei Verletzungen durch Shrapnellfüllkugeln und Granatsplitter.

### 3. Der Verlauf der unkomplizierten Weichteilverletzungen.

Da der Verlauf der Schußkontusionen keine Besonderheiten darbietet, so wollen wir hierauf nicht näher eingehen, sondern uns sofort zu den Verletzungen mit Kontinuitätstrennung wenden.

---

1) Rupprecht, Erfahrungen. Würzburg 1871.

2) l. c. S. 71.

Das Schicksal einer Wunde hängt davon ab, ob sie infiziert wurde oder nicht; wir müssen daher zuerst betrachten, ob die Schußwunden primär als infiziert anzusehen sind. Ehe noch Kriegserfahrungen in größerem Maßstabe uns einen Bescheid auf diese wichtige Frage geben konnten, hat das Experiment sie zu beantworten gesucht.

Die Keime, welche durch ein Projektil in den menschlichen Körper übergeimpft werden, könnten verschiedener Herkunft sein, einmal dem Geschosse selbst, zweitens den Kleidern oder endlich der Haut des Verwundeten entstammen.

Die Kugel ist nicht der Träger von Infektionserregern: dies wurde durch den Umstand bewiesen, daß Schüsse auf sterile Gelatinemassen keine Entwicklung von Kolonien zur Folge hatten<sup>1)</sup>. Trat eine Trübung des Nährbodens auf, so war sie bedingt durch das Wachstum von Schimmelpilzen oder anderen harmlosen Mikroorganismen<sup>2)</sup>. Die Ansicht verschiedener Autoren, die Geschosse würden erst durch die Erhitzung im Laufe und im Ziele sterilisiert, war von vornherein abzuweisen, da die Temperatur des kleinkalibrigen Projektils selbst nach der Durchseizung von fünf Brettern Tannenholz, wie die Untersuchungen der Medizinalabteilung ergaben, noch nicht 70° C. beträgt. Es zeigte zudem Messner, daß künstlich infizierte Kugeln auch eine Infektion der Schußkanäle zur Folge hatten<sup>3)</sup>.

Die Befürchtung, durch mitgerissene Teile der Montur könnten pathogene Keime in den Körper hineingebracht werden, wurde beseitigt, nachdem Pfuhl<sup>4)</sup> bewiesen hatte, daß die der Uniform anhaftenden Mikroorganismen unschädlicher Natur sind. Es gelang, kleinere und größere Stücke Tuch, Leinenfasern, Strumpffetzen und dergl., welche der gebrauchten Kleidung von Arbeitern und gemeinen Soldaten entnommen waren, sämtlich unter der Haut, in dem Pleura- dem Peritonealraume verschiedener Versuchstiere einzuheilen.

---

1) Habart, Das Kleinkaliber usw., S. 34.

2) Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie, 1892.

3) Ibidem.

4) Ueber die Infektion der Schußwunden durch mitgerissene Kleidungsstücke. Zeitschrift für Hygiene, 1893, S. 482.



Fränkel<sup>1)</sup> zeigte sogar, daß dies noch möglich war, wenn die zu den Versuchen verwandten Objekte künstlich mit virulenten Streptokokken infiziert waren.

Dann könnten schließlich noch Keime, welche sich auf der Haut befinden, durch das Geschloß in die Wunden hineingebracht werden. Diese Gefahr ist stets nur gering veranschlagt worden, da die tägliche Erfahrung die Chirurgen lehrte, wie selten hierdurch Infektionen hervorgerufen werden. Zudem zeigten Untersuchungen, daß diese Mikroorganismen sehr selten pathogener Natur sind.

Es weisen demnach die Beobachtungen an ähnlichen Verletzungen und das Experiment darauf hin, daß die Schußwunden primär als nicht infiziert anzusehen sind. Diese Schlußfolgerung ist durch die Erfahrungen der letzten Kriege vollauf bestätigt worden. Die früher nur ganz ausnahmsweise wahrgenommene Heilung unter dem Schorfe ist, nachdem man gelernt hat, die sekundäre Infektion zu vermeiden, zur Regel geworden, wenigstens, wenn man in erster Linie die häufigsten, d. h. die durch das moderne Mantelgeschloß hervorgerufenen Verwundungen, berücksichtigt.

Beim normalen Verlaufe einer typischen Weichteilverletzung durch ein kleinkalibriges Projektil bleibt die Sekretion daher äußerst gering; die Wundränder, welche sich in den ersten Tagen meist noch etwas weiter retrahiert haben, nähern sich einander mehr und mehr, und unter dem Schorfe entsteht neue Epidermis. Wie schnell deren Bildung vor sich geht, zeigen die Untersuchungen von Cheatele<sup>2)</sup>, welcher schon 48 Stunden nach dem Trauma eine vollständige Lage Oberhaut fand. Löst sich der Schorf, so ist die Vernarbung meist vollendet. In der Regel schließt sich der Einschluß später, als der Ausschluß, da bei dem letzteren die Randquetschung geringer ist. Hier ist die Heilung im allgemeinen schon nach acht Tagen vollzogen, während dann die Eingangsöffnung noch offen ist. Bei ihr kommt es leichter zu lokaler Eiterung; die Nekrose der Randpartieen bleibt dann nicht wie in den völlig aseptischen Fällen oberflächlich, sondern erstreckt sich auf die ganze Tiefe der Cutis. Nach erfolgter

1) A. Fränkel, Ueber die Bedeutung von Fremdkörpern in Wunden. Wiener klinische Wochenschrift, 1888.

2) Makins, l. c. p. 73.

Demarkation stößt sich der Ring ab; es entsteht ein Ulcus, welches die Wiederherstellung verzögert.

Gleichzeitig mit dem Schlusse der äußeren Wunden ist auch in der Regel die Vernarbung des Schußkanales vollendet. Doch ist dies keineswegs immer der Fall. Zuweilen heilen Ein- und Ausschuß früher, als die dazwischen liegende Strecke; dann kann es zu Sekretverhaltung und zum Wiederaufbruche der Hautöffnungen kommen.

Bei aseptischem Verlaufe einer unkomplizierten Weichteilverletzung ist die vollständige Genesung nach 10—12 Tagen eingetreten. Ein- und Ausschuß werden allmählich immer weniger sichtbar, sind jedoch auch späterhin meist noch als derbe Narben deutlich zu fühlen. Zuweilen entwickeln sich auf ihnen Keloide, namentlich bei Streif- und Tangentialschüssen. Der Weichteilkanal ist häufig viele Monate als fester, oft schmerzhafter Strang palpabel und macht nicht selten dauernde Beschwerden. Mit der Kontraktion der durchschossenen Muskulatur treten gleichzeitig Einziehungen der vernarbten Hautöffnungen ein; die Verwundeten klagen noch viele Monate nach ihrer Wiedereinstellung in die Truppe über Schmerzen bei Bewegungen der Glieder und Steifigkeit derselben nach längerer Ruhe. Namentlich ist dies der Fall bei den langen Schußkanälen und Verletzungen der dicken Fleischmassen der unteren Extremität.

Während bei über 90 % der durch kleinkalibrige Gewehrprojekte verursachten Weichteilwunden Heilung unter dem Schorfe eintritt, ist solch günstiger Verlauf trotz gleicher Therapie schon seltener bei Verletzungen durch die älteren Bleigeschosse; bei Shrapnelschüssen wurde er nur in wenig mehr als der Hälfte aller Fälle beobachtet.

Das Auftreten einer Eiterung wird bedingt durch eine sekundäre Infektion von seiten der Haut oder von außen. Charakteristisch ist daher für die Schußwunden das Einsetzen der entzündlichen Erscheinungen zu verhältnismäßig später Zeit, durchschnittlich dem fünften bis siebenten Tage nach dem Trauma. Die bis dahin reaktionslose Umgebung der Hautöffnungen schwillt an, wird heiß und gerötet, sowie druckempfindlich; gleichzeitig machen sich in der Wunde brennende oder stechende Schmerzen bemerkbar. Die so lange unbedeutende Sekretion wird stärker, blutig serös; Ein- und Ausschuß verlegen sich immer mehr. Eine Erhöhung der Körpertemperatur tritt jedoch selten ein, nur dann, wenn

eine tiefer gehende Infektion erfolgt ist. Dies ist aber nicht häufig der Fall; meist bleibt die Eiterung bei reinen Weichteilverletzungen oberflächlich.

Allmählich wird nun das reichliche, dünne Sekret spärlicher, dickflüssiger und purulenter; gleichzeitig mit ihm entleeren sich nach außen nekrotisch gewordene Gewebsetsetzen. Fascienreste und dergl., sowie eingedrungene Fremdkörper. Teile der Kleidung oder des Geschosses. Nicht selten sieht man in diesem Stadium den vorher schon geschlossenen Schußkanal sich wieder weit öffnen.

Mit zunehmender Reinigung der Wunde und dem Nachlassen der starken Eiterung sprossen immer üppigere Granulationen auf, welche allmählich den entstandenen Defekt mehr und mehr ausgleichen. Von der Haut aus schiebt sich Epidermis vor und verschließt die äußeren Oeffnungen endgültig.

Die Verzögerung der Heilung, welche den Wunden durch den Eintritt einer Infektion erwächst, beläuft sich bei Kleinkaliberschüssen im Durchschnitt auf ungefähr 10—14 Tage, bei Shrapnelverletzungen auf 2—3 Wochen, so daß die ersteren dann ca. 20—24 Tage, die letzteren 4—6 Wochen zur Wiederherstellung brauchen. Wir rechnen hier nicht diejenigen Fälle mit, bei denen nur eine lebhaftere Sekretion, als gewöhnlich beobachtet wurde, ohne daß es zur eigentlichen Suppuration kam.

Auf die spätere Funktion üben die meist nicht tiefgehenden Eiterungen nur geringen Einfluß aus. Bei oberflächlicher Lage können gequetschte Sehnen nekrotisch werden und die Stümpfe dauernd getrennt bleiben, so daß sie arbeitsunfähig werden. Für die Tätigkeit der Muskulatur hat die Narbenbildung wenig Bedeutung; nur in schweren Fällen kann daraus eine Herabsetzung der rohen Kraft resultieren.

Tiefergehende, derbere Narben, wie sie namentlich in früheren Feldzügen als Folge der Infektion häufiger gefunden wurden, können späterhin neuralgische Beschwerden zur Folge haben. Ob das allerdings in dem Maße der Fall ist, wie der Laie anzunehmen geneigt ist, will ich dahingestellt lassen.

Die Verletzungen der Weichteile durch die unregelmäßig geformten Sprengstücke der Granaten heilen nur selten ohne Eiterung; kaum daß man einen aseptischen Verlauf bei kleineren Rißwunden oder unbedeutenden perforierenden und blinden Schüssen beobachtet. Dagegen sieht man hier noch

häufiger trotz sorgfältigster Therapie schwere Infektionen, phlegmonöse Entzündungen des Bindegewebes, der Sehnen-scheiden, Erysipel, Pyämie, Septikämie und Tetanus. Alle diese accidentellen Wundkrankheiten sind zur größten Seltenheit bei den Verletzungen durch Gewehrgeschosse und Shrapnell-füllkugeln geworden. Der Hospitalbrand, die Wunddiphtherie, diese Würgengel in früheren Feldzügen, sind überhaupt endgültig aus den Kriegshospitälern geschwunden.

Die Heilung der Weichteilverletzungen ist meist mit der Ausbildung einer festen Narbe als abgeschlossen zu betrachten; doch ist auch ein späteres Wiederaufbrechen derselben nicht selten. Sitzen sie an Plätzen, welche einer andauernden oder häufigeren Reibung ausgesetzt sind, wie an der Hand, dem Fuße, so ist ein öfteres Aufscheuern nicht zu vermeiden; eine geringe Zeit der Schonung führt aber bald wieder zur Genesung. Wichtiger ist, daß scheinbar reaktionslos eingeheilte Fremdkörper noch längere Zeit nach dem Schlusse des Schußkanals zu einer Fistelbildung führen können.

Wir haben gesehen, daß man Versuchstieren selbst mit Streptokokken künstlich infizierte Stoffproben einverleiben kann, ohne daß sie wieder ausgestoßen werden. Es reißt denn auch das Projektil bei vielen Schußverletzungen Teile der Kleidung mit sich, und diese heilen ohne weiteres im menschlichen Körper ein. Je kleiner das betreffende Stück Zeug, Leinen, Wolle etc. ist, desto leichter wird es auch vertragen. Die bei den Versuchen an Leichen meist nur durch das Mikroskop nachweisbaren Stofffäserchen, welche das Mantelgeschloß mitführt, werden daher fast ausnahmslos vom Organismus beibehalten. Größere Fetzen der Uniform dagegen, wie sie nicht selten durch die älteren Bleigeschosse und Shrapnellfüllkugeln, noch häufiger durch Granatsplitter in die Wunden hineingebracht werden, üben meist einen dauernden Reiz auf die Umgebung aus und geben daher zu häufigen Eiterungen Veranlassung, welche erst nach ihrer Elimination sistieren. Noch viele Jahre nach der Verletzung können dann die längst verharschten Hautöffnungen wieder aufbrechen oder selbst an entfernt davon gelegenen Stellen Abscesse entstehen, mit deren Durchbruche sich gleichzeitig ein Stück der Montur entleert.

Im Gegensatz hierzu heilen das zurückgebliebene Geschloß oder Teile davon meist ein. Besonders gut wird wegen

seiner glatten Oberfläche das Mantelgeschloß vertragen. Man erlebt eigentlich kaum, daß dies zur Entstehung einer Entzündung führt. Es bildet sich um den Fremdkörper eine bindegewebige Kapsel, in welcher er dauernd eingeschlossen bleibt. Bei Extraktionsversuchen fand ich das kleinkalibrige Projektil mehrmals in einer wenige Kubikzentimeter hellgelben, leicht getrübbten Serums enthaltenden Höhlung liegen, ohne daß sich in der Umgebung auch nur die Spur einer Reizung wahrnehmen ließ.

Ebenso heilen die großkalibrigen Gewehrgeschosse, wenn man die Wunden von Anfang an in Ruhe läßt, meist im menschlichen Körper ein. Zahlreiche Beispiele davon bringt der Atlas von Schjerning, dessen Röntgenphotographien zum Teil noch von Veteranen aus dem Kriege 1870/71 herrühren. Daß Bleireste reaktionslos in den Weichteilen zurückbleiben, ist eines der häufigsten Ereignisse. Aber auch bei Artilleriegeschossen von erheblicher Größe ist dies ein oft beobachteter Fall. So erlebten wir in Südafrika mehrfach die Ausheilung von oberflächlichen Abscessen, ohne daß die Shrapnellfüllkugel, welche die Verletzung verursacht hatte, aus der Muskulatur entfernt zu werden brauchte.

Die Sprengstücke der Granaten werden nur selten dauernd vom Organismus ertragen: ihre unregelmäßige Oberfläche reizt ständig die Umgebung und wird damit zur Ursache fortwährender Entzündungen. Ausnahmen sind allerdings auch hier beschrieben worden.

Indirekte Geschosse werden ebenfalls meistens bald wieder ausgestoßen: doch sieht man wohl Steinsplitter und dergleichen kleinere Fremdkörper auch für immer einheilen, ohne daß sie Beschwerden machen.

Bekannt ist, daß Projektile wandern, d. h. ihren Standpunkt verändern können. Sie usurieren die Gewebe, in welchen sie liegen, gelangen in die bindegewebigen Interstitien und sinken, der Schwere folgend, allmählich tiefer und tiefer. Die Kriegschirurgen aus der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts, namentlich der durch seinen Hang zum Fabulieren bekannte Hennen, wissen wunderbare Geschichten davon zu erzählen, die aber meist der Kritik nicht standhalten. Jedoch sind auch glaubhafte Fälle beobachtet und beschrieben worden.<sup>1)</sup>

---

1) Vgl. A. Köbler, Historische Untersuchungen über das Einheilen und Wandern von Gewehrkugeln.



Häufig verweilen Projektile längere Zeit, ohne Schaden zu stiften, im Körper, bis es dann plötzlich, zuweilen im Anschluß an ein Trauma, oft aber auch ohne Grund zur Entstehung einer Eiterung kommt, welche die Entfernung des Geschosses nötig macht. Dies Ereignis kann noch Jahre nach der Verletzung eintreten. So extrahierte Harland<sup>1)</sup> aus einem Abscesse eine Kugel, welche fast sechs Decennien in der Hohlhand eines Veteranen von Waterloo gesessen hatte. Der Schußkanal hatte sich erst viele Monate nach Empfang der Wunde geschlossen; zu verschiedenen Malen waren Entzündungen durch die Beschäftigung bei dem betreffenden Patienten hervorgerufen worden. Hier hatten septische Keime lange geschlummert, bis sie dann durch den Reiz eines Traumas, in diesem Falle schwerer Arbeit, zu neuer Wirksamkeit entfacht wurden.

Auch durch solche wiederholte Abscedierungen kann es, wie R. Köhler<sup>2)</sup> ausführt, zu einem Wandern der Geschosse kommen. Diese sind im Körper meist von einer bindegewebigen Hülle umgeben und liegen oft inmitten einer krümeligen Masse, welche sich als eingedickter Eiter erweist. Eine leichte Verletzung, eine starke Muskelaktion oder dergleichen kann die umschließende Hülle insuffizient machen und zu einer Infektion des Nachbargewebes führen, falls noch virulente Keime vorhanden sind. Nun vermag das Projektil dem Gesetze der Schwere zu folgen und sinkt tiefer, bis die Eiterung sich erschöpft hat. Dann tritt wiederum eine Abkapselung ein, welche durch erneut auftretende Schädlichkeiten gesprengt werden kann. Hieraus resultiert eine ruckweise Wanderung.

Geschosse, die lange Zeit im Körper verweilt haben, sind meist mit Niederschlägen und Plättchen von Kalk bedeckt. Sie verursachen, wenn sie nicht auf größere sensible Nervenäste oder sonstige wichtige Gebilde drücken, meist auffallend wenig Beschwerden. Von Küster u. a. wurde die Beobachtung gemacht, daß sie zur Entstehung einer chronischen Bleivergiftung Veranlassung gaben.

Zuletzt wollen wir an dieser Stelle noch einer Komplikation der Weichteilverletzungen Erwähnung tun, welche im Gegensatz zu den übrigen Störungen des Wundverlaufes, die abgenommen haben, in den neuesten Feldzügen häufiger

---

1) H. Fischer, l. c. S. 83.

2) l. c. S. 749.

geworden ist. Ich meine jene Form schwerer Neurasthenie, welche früher allgemein als traumatische Neurose bezeichnet wurde. Diese Erkrankung schließt sich auffallender Weise meist gerade an leichte Läsionen an; sie befällt nach den Erfahrungen, welche bis jetzt darüber vorliegen, gleichmäßig durch Geschütz- und Gewehrfeuer Verwundete. Ihre Ursache liegt zweifellos in der gewaltigen Einwirkung einer modernen Schlacht auf die menschlichen Sinnesorgane. Der Eindruck des Kampfgetümmels ist zuweilen auf einzelne Menschen so stark, daß diese auch ohne jedes äußere Trauma seelisch und körperlich zusammenbrechen. Werden solche Individuen nun noch verwundet, so kann der Shok, welchen ihr Nervensystem erlitten hat, späterhin zu irreparablen Störungen führen.

In den meisten beobachteten Fällen betrafen die Verletzungen den Kopf und die oberen Extremitäten; sie heilten anscheinend leicht und schnell, bis sich dann nach einiger Zeit Erscheinungen einer schweren Neurasthenie zeigten. Es traten Symptome einer allgemeinen Abnahme der Körperkräfte auf; die Muskulatur wurde schlaff und welk, der Patient zusehends gebrechlicher. Objektiv konnten meist Tremor, erhöhte Reflexerregbarkeit, sowie Gesichtsfeldeinengung nachgewiesen werden. Nebenher gingen allgemeine Unruhe, Ohrensausen und Schwindelanfälle; kurzum, es entstand ein Symptomenkomplex, wie wir ihn von schweren Unfällen, welche einen gewaltigen Eindruck auf die Psyche machen, her kennen.

Heilungen scheinen selten zu sein.

#### 4. Die Prognose der Weichteilverletzungen.

Von den auf 68515 geschätzten Weichteilverletzungen, welche während des Feldzuges 1870/71 in der deutschen Armee beobachtet wurden, starben 2,75 %; dagegen betrug die Mortalität unter 3913 Fällen, welche in dem amerikanischen Heere während der Kämpfe auf Kuba und den Philippinen in den Jahren 1898—1901 in Behandlung kamen, nur 0,87 %. Die Besserung der Prognose, die sich in diesen Zahlen ausprägt, kann auf zwei Ursachen beruhen, einmal auf dem milderen Charakter der Wunden.

Wir haben gesehen, daß die Hautöffnungen bei Kleinkaliberschüssen erheblich kleiner sind, die Quetschung der Ränder geringer, der Kanal in den Weichteilen glatter, als

bei Verletzungen durch die größeren und weniger schnellen Bleigeschosse. Da die unbedeutende äußere Blutung bei den ersteren meist in kürzester Zeit von selbst zum Stehen kommt, so werden Ein- und Ausschuß mit einem festhaftenden trockenen Schorfe bedeckt, welcher eine nachträgliche Infektion von außen verhindert. So gleichen die Kleinkaliberschüsse subkutanen Verletzungen, während die Wunden durch Bleiprojektile bei ihren größeren Dimensionen, sowie der ausgedehnten Weichteilkontusion dem Eindringen und der Entwicklung von septischen Keimen günstigere Verhältnisse darbieten. Dazu kommt noch, daß die weniger durchschlagskräftigen, älteren Bleigeschosse weit häufiger stecken bleiben und öfters große Fetzen von der Kleidung des Kämpfenden mit sich fortreißen. Wenn auch solche Gegenstände, wie ich auseinandergesetzt habe, reaktionslos einheilen können, so ist dies keineswegs immer der Fall. Stark gequetschte Gewebe werden mit den Infektionserregern, welche durch die Fremdkörper in den Organismus gebracht werden, nicht mehr fertig, zumal wenn ein größerer Bluterguß einen guten Nährboden für das Wachstum der Kokken abgibt.

Trotz gleicher Therapie ist deshalb auch die Sterblichkeit nach Weichteilverletzungen bei beiden an dieser Stelle besprochenen Geschoßarten weit von einander verschieden, wie sich aus dem Sanitätsberichte der amerikanischen Armee ergibt. So endeten in den Jahren 1899—1901 von 982 Mauserschüssen<sup>1)</sup> (7,0 mm) 0,5 %, von 417 Fleischwunden durch Remingtongewehre (11 mm) 1,9 % tödlich. Eine ähnliche Mortalität bei den gleichen Verletzungen durch Granatsplitter läßt die Geschichte des Seekrieges Japans gegen China erkennen; hier starben unter 123 Fällen 2 = 1,6 %<sup>2)</sup>.

Auch die Aussicht auf Wiederherstellung der vorherigen Gesundheit und Körperkonstitution hat sich gegenüber früher bedeutend gehoben. Während noch nach dem deutsch-französischen Kriege 1870/71 ein großer Teil der Verwundeten mit Weichteilschüssen invalidisiert werden mußte, ist dies nunmehr zu einer Ausnahme geworden. So wurden in der amerikanischen Armee während der Jahre 1898 bis

---

1) Nicht eingerechnet sind die unkomplizierten Weichteilschüsse des Halses, da sich aus den Tabellen die Zahl derselben nicht mit Sicherheit feststellen läßt.

2) l. c. S. 265.

1901 nur 3,9 % dienstunbrauchbar. Dabei handelte es sich zumeist um Verletzungen größerer Nerven und Gefäße, so daß also nur noch eine geringe Zahl überbleibt, welche wegen einer unkomplizierten Fleischwunde ihre vollständige Gesundheit nicht wiedererhalten hat.

Den zweiten Grund für die Besserung der Prognose bildet die Vervollkommnung der Therapie. Seitdem uns v. Bergmann gelehrt hat, die Schußwunden als aseptisch zu betrachten und zu behandeln, sind solch günstige Resultate, wie sie sich in den genannten Ziffern ausprägen, erst möglich geworden. Wir haben während unserer Tätigkeit im südafrikanischen Feldzuge mitansehen müssen, wie viel selbst bei Kleinkaliberverletzungen noch durch Vielgeschäftigkeit, durch Sonderuntersuchungen, Tamponade usw. geschadet worden ist, können daher die Wichtigkeit dieses Faktors nicht genug betonen.

### 5. Die Therapie der Weichteilverletzungen.

Wir sahen, daß jede Schußverletzung primär als aseptisch zu betrachten ist, unsere Behandlung muß sich demnach in erster Linie darauf richten, eine spätere Infektion zu verhüten. Wodurch kann diese im Felde hervorgerufen werden?

Wir wissen durch zahlreiche Experimente und die Erfahrung im Krankenhause, daß die größte Gefahr für eine frische Wunde in den Händen des Arztes liegt. Trotz aller Desinfektionsmaßregeln ist die Entfernung sämtlicher Keime von der Haut schon in der Friedenspraxis nicht zu erreichen, wieviel weniger dann im Kriege! Ich will hier nicht näher auf die einzelnen Methoden eingehen, welche die Erreichung dieses Ideales erstreben, jedenfalls wird es kaum möglich sein, mit einem dieser Verfahren sein Ziel auf dem Verbandplatze auch nur mit annähernder Sicherheit zu erreichen, da einmal die Zeit und zweitens meist auch die Materialien dazu fehlen werden. Nun haben uns die Erfahrungen in Südafrika gezeigt, daß dies auch nicht nötig ist, wenn man sich strikte daran hält, niemals mit seinen Fingern an und in die Wunde zu kommen. Mein Lehrer in der Chirurgie, Franz König, ist wohl derjenige, welcher diesen Grundsatz am entschiedensten betont und ihm in seiner Klinik absolute Geltung verschafft hat. Ich habe

daher die Schußverletzungen stets verbunden, ohne sie zu berühren; trotzdem ich häufig nicht in der Lage gewesen war, mich gründlichst zu waschen, habe ich doch nur selten eine sekundäre Infektion erlebt.

Allerdings gibt es hierfür außer den Händen noch andere Quellen; doch ist die Gefahr, welche aus diesen entspringt, nur gering anzuschlagen. Da ist einmal die Luft mit ihren Schädlichkeiten. Es hat sich in der Tat gezeigt, daß Wunden, welche zu lange den atmosphärischen Einflüssen ausgesetzt waren, leichter eiterten, als bald verbundene. Weiter können die Kleider und die Haut des Patienten zu einer Sekundärinfektion Veranlassung geben. So heilen Weichteilschüsse des Fußes häufig nicht aseptisch, weil in der Epidermis desselben und in den schweißgetränkten Strümpfen ein ganz besonders großer Reichtum an Mikroorganismen enthalten ist.

Diese Erfahrungen machen es natürlich wünschenswert, eine frische Schußverletzung baldmöglichst mit einem Verbands zu bedecken, um sie vor äußeren Schädigungen zu schützen. Man darf sich aber durch die Rücksicht hierauf niemals dazu verleiten lassen, mit unreinen Materialien zu arbeiten. Wenn man nicht in der Lage ist, die Wunde von Anfang an *lege artis* zu behandeln, soll man sie lieber in Ruhe lassen.

Bei weitem am besten wäre es natürlich, wenn nur Aerzte, die, wie ich hinzufügen muß, durch Erfahrung belehrt, mit der Therapie vollständig vertraut sind, den ersten Verband anlegen würden. Ein großer Teil der Kriegschirurgen hält noch immer an dieser Forderung fest, während andere, unter ihnen an erster Stelle mein früherer Lehrer v. Esmarch, auf die Unmöglichkeit hinwiesen, daß ausschließlich Aerzte die Verwundeten auf dem Schlachtfelde versorgen könnten, und daher verlangten, daß die Krankenträger und Sanitätsunteroffiziere, welche natürlich vorher genau instruiert sein müssen, zur Unterstützung hinzugezogen werden sollten.

Nun schadet es zwar wenig, wenn die Bedeckung der Wunde bis zum Eintreffen auf dem Verbandplatz ganz unterbleibt und erst hier vorgenommen wird; die Erfahrung zeigt jedoch, daß der Verletzte, wenn die ärztliche Hilfe seiner Meinung nach zu lange ausbleibt, zum ersten Besten greift, um die Blutung zu stillen und die Schußöffnungen, so gut es gehen will, gegen äußere Schädlichkeiten abzuschließen. Von



solchen Erwägungen ausgehend, haben alle Heeresverwaltungen den Soldaten mit Verbandpäckchen ausgerüstet, deren er sich im Falle der Not bedienen soll. Sicherlich ist es besser, wenn er das hierin enthaltene Material benutzt, als wenn er das Hemd, sein schmutziges Taschentuch zerreißt, oder, wie ich bei Buren im Cronjeschen Lager, in dem es an allem mangelte, sah, Blätter auf die von Granaten zerrissene Haut legt.

Nach den Berichten von Treves, Mac Cormac, Makins u. a. haben diese Päckchen viel Gutes gestiftet: manche Infektion ist durch sie verhütet, dabei kaum eine Eiterung durch eine unzweckmäßige Anlegung derselben hervorgerufen worden. Wir würden es daher als einen schweren Fehler betrachten, wenn man sich zur Abschaffung dieser segensreichen Einrichtung entschließen würde. Wenn wir im Feldzuge die Mannschaften, namentlich aber die Unteroffiziere häufiger über ihre Verwendung instruieren, werden wir auch kaum eine verkehrte oder unzweckmäßige Benutzung der Päckchen erleben.

Selbst dem Arzte können sie zuweilen recht gute Dienste leisten; ich habe mich ihrer häufiger mit großem Nutzen bedient. Um diesem Zweck aber zu entsprechen, müssen sich darin alle Gegenstände befinden, welche für den ersten Verband nötig sind.

Es ist lange Zeit darüber diskutiert worden, ob zu demselben antiseptische oder aseptische Materialien zu verwenden seien. Nachdem schon längst die Forderung gefallen war, welche R. v. Volkmann erhoben hatte, man solle die Schußverletzungen von Anfang an antiseptisch behandeln, verlangten noch viele Kriegschirurgen, daß man zur ersten Bedeckung derselben mit Desinfektionsmitteln getränkte Stoffe verwenden müsse. Sie glaubten dadurch Keime, welche etwa doch in die Wunde eingedrungen wären oder sich noch in ihrer Umgebung befänden, unschädlich machen zu können. Die Versuche von Schimmelbusch<sup>1)</sup>, Hänel<sup>2)</sup> u. a. zeigten aber, daß dies unmöglich ist, daß selbst die gründlichste Desinfektion den Bakterien das Eindringen in die Gewebe nicht

---

1) Schimmelbusch, Ueber die Desinfektion septisch infizierter Wunden. Fortschritte der Medizin, 1895.

2) Hänel, Zur Frage der Desinfektionsfähigkeit der Wunden. Deutsche med. Wochenschrift, 1895, Nr. 6.

zu verwehren vermag. Zudem ist durch zahlreiche Untersuchungen festgestellt worden, daß der Gehalt an Sublimat, denn um dieses handelt es sich zumeist bei der Imprägnierung der Verbandmaterialien, mit der Lagerung derselben allmählich sinkt und schon nach 1—2 Jahren unter ein wirksames Mindestmaß gekommen ist. Damit müssen wir ja im Kriege rechnen, daß unsere Vorräte an Gaze, Watte usw. schon längere Zeit in Depots verweilt haben.

Es war daher schon vor der Erprobung im großen Stile der antiseptische Verband zugunsten des aseptischen meist aufgegeben worden; die letzten kriegserischen Ereignisse in Südafrika haben dann seine Ueberlegenheit vollends klargestellt.

Das Prinzip, welches uns demnach bei der Behandlung einer frischen Wunde leiten muß, besteht in der aseptischen Okklusion derselben, wie sie in vollkommenster Weise durch E. v. Bergmann zuerst ausgeführt wurde. Wir verfahren dabei folgendermaßen:

Zuerst reinigen wir die Umgebung des Ein- und Ausschusses, welche wir sorgfältig vor jeder Berührung mit der Flüssigkeit durch Bedeckung mit einem Bausche steriler Gaze geschützt haben, recht gründlich mit Wasser und Seife. Wünschenswert ist diese Prozedur immer, besonders an den Füßen, sie muß natürlich unterbleiben, wenn Zeit oder Materialien mangeln. So blieb dies in Südafrika meist ein *pium desiderium*, da das Wasser zu den kostbarsten Dingen gehörte und nur selten die wünschenswerte Beschaffung hatte. Nach ihrer Säuberung trocknen wir die Haut und bedecken nun die Wunden selbst mit mehreren Lagen aseptischer Gaze. Haben wir eine Weichteilverletzung von typischer Form vor uns, so genügt die Befestigung dieser Kompresse an den Körper durch kreuzweis angelegte Heftpflasterstreifen.

Dieser Verband, welchen wir in allen den Fällen anlegten, in denen die Blutung vollkommen gestillt und keine größeren Hautöffnungen vorhanden waren, hat uns während des Boerenkrieges wegen seiner Einfachheit und des trotzdem vollkommen ausreichenden Schutzes gegen Infektion von außen unschätzbare Dienste geleistet. Die hydrophile Gaze saugt das spärliche Sekret auf und befördert dessen schnelle Verdunstung. Wir wissen aber, daß nichts so sehr die Entwicklung der Mikroorganismen hemmt, als die Austrocknung; diese Erfahrungen mußten auch die Engländer wieder

kürzlich in Südafrika machen, als sie die innersten Lagen des Verbandes mit Mackintosh bedeckten. Sobald sie diese undurchlässige Hülle, unter welcher die Bakterien üppig wuchern konnten, fortließen, besserten sich die Resultate ihrer Behandlung bedeutend. Ueberhaupt kann nicht genug darauf hingewiesen werden, daß das beste Mittel zur Verhütung einer Infektion der Schußverletzungen die Austrocknung ist. Es war ganz gewiß kein Zufall, daß wir gerade bei den am Paardeberge Verwundeten, welche tagelang im Freien unter strömendem Regen ohne Obdach gelegen hatten, so viele schwere Eiterungen sahen, während wir zu anderen Zeiten dieselben Läsionen auch ohne Verband per primam unter dem Schorfe geheilt fanden. Damit stimmen auch die Erfahrungen englischer Aerzte überein, welche weit mehr Infektionen im feuchten Natal, als im trockenen Oranje-Freistaate beobachteten.

Auf dem Chirurgenkongresse im Jahre 1902 empfahl von Bruns, man solle die Ein- und Ausschüsse mit Xeroformpaste bedecken, und rühmt als Vorzug seiner Methode, daß jeder Sanitätsunteroffizier dies Medikament in Tuben ohne Gefahr für die Asepsis in der Tasche mit sich führen und auf die Wunde drücken kann<sup>1)</sup>. Mit Recht hat Fr. König dagegen eingewendet, daß die Paste gerade das, was wir erreichen wollen, die Verdunstung des Sekretes und Blutes, verhindere<sup>2)</sup>. Auch wir können daher P. von Bruns aus diesem Grunde nicht zustimmen.

Ueber einen anderen Vorschlag ist früher viel diskutiert worden; es ist dies das Verfahren Langenbuchs, die Schußwunden primär durch die Naht zu verschließen, um dadurch sicher jede nachträgliche Infektion zu verhüten. Wir selbst haben in Südafrika die Nachteile dieser Methode gründlichst kennen gelernt. Wir bekamen eine ganze Reihe von Verletzungen in die Hände, bei denen Afrikanderärzte diesem Räte gefolgt waren. Als wir das Resultat ihrer Therapie einige Tage später sahen, mussten wir schleunigst die Nähte entfernen, um dem gestauten Sekrete Abfluß zu verschaffen. Daß dicht geschlossene Wunden leichter ver-

1) Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie, 1902, II, S. 109. — Küttner, Ueber Schußwunden an den Extremitäten, S. 30.

2) Verhandlungen des Chirurgenkongresses 1902, I, S. 26.

eitern, als offen gelassene, ist ja überhaupt eine längst gemachte Erfahrung, deren Gründe wir nicht darzulegen brauchen.

Der beschriebene Verband mit Heftpflasterstreifen bietet den großen Vorteil, daß man bei seiner Anlegung den Patienten nicht vollständig zu entkleiden, sondern nur an den Stellen zu entblößen braucht, an denen sich die Schußöffnungen befinden. Sind dieselben jedoch von bedeutender Größe, wie bei Querschlägern und Granatverletzungen, oder ist die Blutung noch nicht gestillt, so legt man auf die erste Lage Gaze noch Watte, welche man durch einige Bindentouren an dem Körper befestigt.

Der erte Verband kann bei Weichteilschüssen meist bis zur vollständigen Heilung liegen bleiben. Tritt eine Infektion auf, so muß er natürlich entfernt werden; dann beginnt die antiseptische Behandlung der Wunde, welche sich nach den allgemeinen chirurgischen Regeln richtet. Ich will hier nicht näher auf die dann notwendigen Maßnahmen, Incision, Drainage usw., eingehen.

Es erübrigt, an dieser Stelle noch einige Worte über die Extraktion steckengebliebener Geschosse zu sagen. Ihre indikationslose Entfernung ist, seitdem Röntgenstrahlen im Felde verwendet werden, in neuester Zeit wiederum, namentlich von englischen Aerzten, vielfach empfohlen worden. Man darf dem natürlichen Wunsche des Patienten, von seinem Projektil befreit zu sein, nur dann Folge geben, wenn dasselbe dem Messer leicht zugänglich ist, oder wenn es durch Druck auf Nerven, Gefäße oder andere wichtige Gebilde schwere Erscheinungen macht. Es empfiehlt sich, wenn irgend möglich, mit dem Eingriff so lange zu warten, bis der Schußkanal völlig vernarbt, und zweitens alle Bedingungen für ein aseptisches Operieren gewährleistet sind.

War die Entfernung einer Kugel nötig, dabei jedoch keine Röntgenstrahlen zur Hand, so bedienten sich die Aerzte in Südafrika meist, um den Sitz der Fremdkörper festzustellen, der Telephonsonde <sup>1)</sup>.

---

1) Der Apparat besteht aus einem Telephon, welches durch einen Draht einerseits mit einer Silberplatte, andererseits mit einer Sonde aus demselben Metall verbunden ist. Die Platte wird auf irgend einen beliebigen Körperteil appliziert, sodann der Schußkanal mit der Sonde

Ich schätze dies Instrument nicht, weil man damit in den Geweben herumbohrt. Mit Recht warnen unsere Kriegschirurgen vor der Anwendung der Sonde bei frischen Wunden; hier wird sie wieder empfohlen.

Uebrigens ist die Extraktion von Geschossen trotz Röntgen und Lister noch keine leichte und ungefährliche Operation geworden; daher soll man sich stets der Indikationen zum Eingriff bewußt sein. Infolge seines geringen Kalibers und der glatten Oberfläche macht zudem das moderne Mantelgeschosß weniger oft Beschwerden, als die größeren Projektile; seine Entfernung ist also auch seltener wünschenswert.

## **B. Die Verletzungen der Gefäße.**

### **1. Die verschiedenen Formen der Schußverletzungen.**

Die Arterien können, wie auch die Venen, direkt durch das Projektil oder durch Knochensplitter verletzt werden. Das letztere Ereignis gehört zu den unangenehmsten Komplikationen einer Wunde, da hier die Gefahr einer Verblutung bei der meist bedeutenden Weite des Schußkanals größer, als gewöhnlich ist. Häufig verschließt der Splitter zwar anfangs den Riß in den Gefäßwandungen, wird aber nach einiger Zeit gelockert, sodaß nun eine Spätblutung eintritt. In anderen Fällen dagegen unterhält der Fremdkörper von vornherein eine dauernde, zuweilen unstillbare Hämorrhagie, welcher der Verletzte unterliegt.

Eine große Anzahl von Gefäßverletzungen sind zweifellos durch Knochensplitter und nicht durch das Projektil selbst hervorgerufen; es bilden daher Arterienwunden sehr häufige Begleiterscheinungen von Frakturen. Recht gefürchtet waren früher die Unterkieferbrüche, weil hier nicht selten die Carotis oder größere Aeste derselben angerissen waren. Auch wir haben in Südafrika den Verlust zweier Patienten nach einer derartigen Verletzung trotz operativer Hülfe zu beklagen gehabt. Ganz besonders zahlreich sind Arrosionen der Subclavia durch eingeführte Teilehen der Clavicula oder der 1. Rippe beobachtet worden, seit Einführung der klein-

---

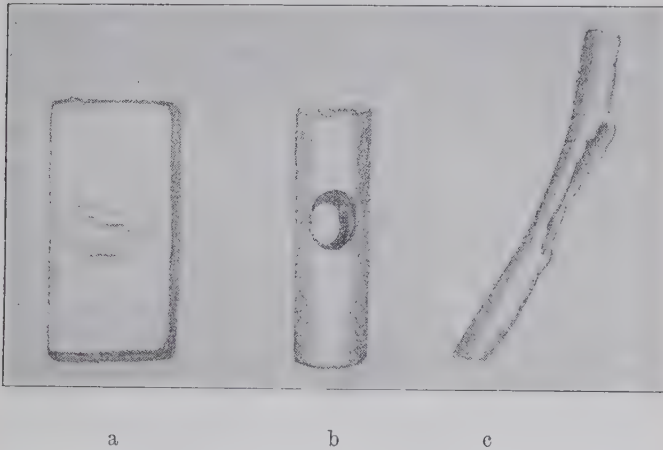
durchforscht. Berührt sie ein anderes Metall, als Silber, so gibt das Telephon ein Signal.



kalibrigen Gewehre und der häufigen Annahme einer liegenden Stellung von seiten der Schützen allerdings seltener als früher.

Ihrem anatomischen Charakter nach unterscheidet man Verwundungen der Schlagadern mit und ohne Eröffnung ihres Lumens. Letztere sind meist die Folgen einer Kontusion, welche sich auf die ganze Cirkumferenz oder einen Teil derselben erstrecken kann. Hervorgerufen werden die-

Fig. 22.



Gefäßverletzungen.

- a) Kontusion durch ein Artilleriesprengstück. (Nach Délorme.)  
 b) Lochschuß der Femoralis durch ein 11 mm-Bleigeschoß.  
 c) Streifschuß der Tibialis posterior durch 7,9 mm-Mantelgeschö. (Nach Ringel.)

selben durch indirekte oder matte Geschosse, welche auf den Gefäßen stecken bleiben, seltener durch Projektile mit großer lebendiger Kraft, welche die Arterien ganz oberflächlich streifen. Oft wird dadurch eine umschriebene Quetschung der Wandungen bedingt, bei der äußerlich überhaupt keine Verletzung wahrzunehmen ist. Spaltet man aber das Gefäßrohr, so sieht man, daß Media und Intima zahlreiche Einrisse enthält (Fig. 22a) und von der Adventitia abgehoben ist.

Tritt keine Infektion des Schußkanales ein, so erholt sich die gequetschte Partie meist wieder; es wird dann späterhin bald überhaupt keine Veränderung, bald eine Verengerung des Gefäßlumens, welche sich in einer Verkleinerung des Pulses der betreffenden Schlagader kundgibt, infolge der Narbenkontraktion wahrgenommen. Die letztere Beobachtung konnte im Boerenkriege namentlich nach Schüssen, welche den Lauf der Radialis kreuzten, gemacht werden. In anderen Fällen kommt es zur Ausbildung eines Aneurysma oder, wenn die Verletzung der Wandungen, speziell der Intima, irreparabel ist, zur Entstehung einer Thrombose. Auch diese kann noch vergehen und das Gefäßrohr wieder vollständig oder zum größten Teile wegsam werden.

Beim Eintritt einer Eiterung stößt sich die gequetschte Partie meist nekrotisch ab; schwere sekundäre Blutungen sind dann die notwendige Folge.

Weit zahlreicher jedoch, als die bis jetzt geschilderten Verletzungen, sind die vollständigen Durchtrennungen der ganzen Arterienwand. Hierbei braucht kein eigentlicher Defekt vorzuliegen; die Schlagader kann eine einfache quer, längs oder schräg verlaufende Rißwunde durch ihre ganze Dicke erhalten haben. Fast immer ist die Ursache der letzteren Läsion ein indirektes Geschoß. Je mehr die transversale Richtung vorherrscht, desto bedeutender pflegt auch die Blutung zu sein; dagegen machen oft longitudinal verlaufende Einrisse nur geringe Erscheinungen.

Die modernen Projektile mit großer lebendiger Kraft schaffen in weitaus den meisten Fällen Gefäßwunden mit Substanzverlust. Dieser liegt zuweilen bei ganz großen Arterien zentral, so daß ein getrennter Ein- und Ausschuß zu unterscheiden ist (Fig. 22b); viel häufiger ist aber aus der betreffenden Schlagader, selbst wenn sie nur das Kaliber einer Tibialis posterior besitzt, ein rundes oder ovaies Stück herausgeschlagen worden (Fig. 22c), dessen Umfang wenige Millimeter besitzt. Es handelt sich also in der Regel um mehr oder minder tiefe Streifungen. Die einzelnen Schichten der Wand werden durch perkussionskräftige Geschosse in gleicher Höhe durchschnitten, während matte Kugeln unregelmäßige Trennungsflächen hervorrufen.

Werden kleine oder mittelgroße Gefäße durch moderne Gewehrprojekte im größten Durchmesser getroffen, so entstehen in der Regel vollständige Zerreißungen mit

Zusammenhangstrennung in weiterer Ausdehnung. Nach den Untersuchungen der Medizinalabteilung<sup>1)</sup> sind die Zerstörungen in kurzen Entfernungen am größten und nehmen von Distanz zu Distanz allmählich ab. In der Nähe war bei v. Colers und Schjernings Versuchen der Rand des Defektes zerrissen, von 1000 m ab dagegen glatt und scharf. Sehr häufig ist die Arterie bei Schüssen auf größere Entfernung nicht vollständig durchrissen, sondern ihre beiden Enden noch durch schmale, meist aus Adventitia bestehende Brücken miteinander verbunden, sodaß eine Retraktion der Stümpfe nicht möglich und die Spontanstillung der Blutung erschwert ist.

Auch durch Ueberdehnung kann eine vollständige oder unvollständige Zerreißung einer Arterie hervorgerufen werden; die Durchtrennung geschieht dann an einem von dem Angriffspunkte der Gewalt entfernten Punkte. Hier handelt es sich stets um Verletzungen durch matte Projektile.

Bei den Schussverletzungen großer Gefäße sind die umliegenden Weichteile meist stark hämorrhagisch durchtränkt. Das Blut wird oft mit einer solchen Vehemenz in die Umgebung geschleudert, daß es seinerseits große Zerstörungen hervorruft. Man sieht dann in der Muskulatur gewaltige Zertrümmerungshöhlen, welche mit abnehmender Entfernung des Schützen kleiner werden.

Die Verletzungen der Venen haben für den Chirurgen ein weit geringeres praktisches Interesse, als die der Arterien, wenn sie auch vielleicht mindestens ebenso häufig vorkommen, als die letzteren. Trotzdem bekommt man sie nur selten zu Gesichte, da die Blutung aus den Venen infolge des geringeren Druckes in ihnen meist baldig zum Stehen kommt. Ihrem anatomischen Charakter nach unterscheiden sie sich kaum von den Wunden der Schlagadern: wir finden auch bei ihnen Quetschungen, vollständige Trennungen der Wandungen mit und ohne Substanzverlust, von denen die letzteren das Gros der Verletzungen stellen.

Die gleichzeitige Läsion einer Arterie und der Begleitvene ist namentlich seit Anwendung der modernen Mantelgeschosse keine Seltenheit. Hierbei können verschiedene Möglichkeiten obwalten. Am häufigsten wird durch das kleinkalibrige Projektil aus beiden Gefäßen ein rundes oder ovales

---

1) l. c. S. 339.

Stück herausgeschlagen; in anderen Fällen wird die Vene ganz durchtrennt, die Arterie nur geschlitzt bzw. angerissen oder umgekehrt. Die letztgenannte Verletzung beobachtete ich bei einem Schuß durch die beiden Femoralgefäße. Hier fand sich ein Riß in der Blutader, während die Schlagader völlig durchschnitten war.

## 2. Symptome und Verlauf der Gefäßverletzungen.

Das wichtigste Symptom der Verletzung einer größeren Arterie oder Vene, die primäre Blutung, haben wir schon an anderer Stelle besprochen und auch erwähnt, daß sie ganz fehlen kann. Der letzte Umstand macht diese Wunden ganz besonders gefährlich und muß den Chirurgen bei Schußkanälen, welche den Verlauf bedeutender Gefäßstämme kreuzen, zu ganz besonderer Vorsicht ermahnen, da die Sekundärblutungen zu den gefährlichsten Komplikationen gehören.

Mit Einführung der modernen kleinkalibrigen Geschosse ist ihr Auftreten bedeutend seltener, als früher geworden; sie werden hauptsächlich noch beobachtet bei Knochenschüssen explosiven Charakters, d. h. mit großer Weichteilverletzung und sind hier meist eine Folge der Eiterung. Sie waren vor Anwendung der aseptischen Wundbehandlung sehr häufig und haben manches Menschenleben vernichtet. Man sieht daher bei Verletzungen durch Artilleriegeschosse noch immer relativ oft Sekundärblutungen.

Mancherlei Ursachen können ihnen zugrunde liegen. So ist zuweilen ein roher oder unzuweckmäßiger Transport die Veranlassung dazu. In Südafrika mußten die Verwundeten oft 100 Kilometer und mehr in Ochsenwagen über Land geschafft werden. Kein Wunder, wenn durch das anhaltende Stoßen der primitiven Fuhrwerke auf ungebahnten Wegen Thromben losgelöst wurden. Wir sahen denn auch einen jungen Boeren direkt im Anschluß an die Beförderung mit einem solchen Fahrzeuge zugrundegehen. Ihm war die Maxillaris interna durchgeschossen worden; die schon seit mehreren Tagen zum Stillstande gekommene Blutung erneuerte sich kurz nach dem Verlassen des Wagens und hatte den Erstickungstod unseres Patienten zur Folge. Ganz besonders häufige und gefährliche Nachblutungen entstehen bei Verletzungen der Körperhöhlen infolge des anstrengenden Transportes.

Makins<sup>1)</sup> schätzt die Häufigkeit eines größeren Hämothorax nach Kleinkaliberwunden im allgemeinen auf 30 %, nach längerer Beförderung in unzumutbaren Vehikeln auf 90 %. Ähnliche schlechte Erfahrungen wurden nach Bauchschüssen gemacht.

Ebenso wie passive, so können auch heftige aktive Bewegungen von Seiten der Verwundeten, wie Husten, Pressen beim Stuhlgang, plötzliches Aufrichten im Bette oder sonstige lebhaftige Muskelaktionen zur Lösung eines Thrombus führen; ein gleicher Einfluß ist gewaltigen psychischen Erregungen zuzuschreiben. So gibt Neudörfer an, daß nach einer Explosion von Schießbaumwolle in der Nähe des Militärspitales zu Verona bei vielen Patienten, welche in große Angst um ihr Leben gerieten, sich Spätblutungen eingestellt hätten.

Wenn ein Loch in einem Gefäße durch Knochen, Geschosssplitter oder Gewebsteile geschlossen wurde, so können nach der spontanen oder operativen Loslösung der Fremdkörper heftige Blutungen auftreten. In einem von Dent<sup>2)</sup> beobachteten Falle hatte der gleichfalls durchbohrte Nervus radialis den Defekt der Arteria axillaris anfangs vollständig verstopft. Als man ihn bei der Operation herauszog, trat eine so starke Hämorrhagie ein, daß die Unterbindung der Achselschlagader notwendig wurde.

Ferner können noch Sekundärblutungen eintreten, wenn eine gequetschte Stelle in den Gefäßwandungen brandig abstirbt. Die häufigste Ursache für die Loslösung des Thrombus bildet jedoch eine Infektion der Wunde. In den Pfropf, welcher die Oeffnung der verletzten Arterie oder Vene verstopft, dringen Mikroorganismen und erweichen ihn. Meist beginnt die Lösung des Verschlusses an einer umschriebenen Stelle; durch die so entstehende Lücke kann anfangs nur wenig von dem Gefäßinhalte nach außen gelangen. Die nun folgenden geringfügigen Blutungen, welche den Arzt zuerst auf die Gefahr für seinen Patienten aufmerksam machen, bezeichnet man seit langem als Warnungs- oder Signalblutungen. Sie wiederholen sich häufig noch einige Male, bis dann plötzlich der ganze Thrombus erweicht ist. Nun tritt eine gewaltige Hämorrhagie ein. Meist fällt sie in die

1) l. c. S. 389.

2) British medical journal, 1900, p. 912.



zweite oder dritte Woche nach der Verwundung, seltener in die erste oder vierte, darüber hinaus kaum mehr.

Das Blut kann sich entweder frei nach außen ergießen oder in die Gewebsinterstitien oder in eine der präformierten Höhlen. Die letzten beiden Fälle machen der Diagnose oft bedeutende Schwierigkeiten, da die Entwicklung auch eines aseptischen Hämatomes mit Steigerung der Körpertemperatur verknüpft ist, daher die Verwechslung mit einem Abscesse sehr leicht ist. Es sind denn auch solche Ergüsse mehrfach inzidiert worden, in der Voraussetzung, daß man auf Eiter stoßen würde. Bei der Operation wurde dann entdeckt, daß die Schwellung durch ein großes Hämatom bedingt war. Meist verschwand das Fieber nach dem Eingriffe, und der Patient machte eine ungestörte Rekonvaleszenz durch.

Von den bis jetzt beschriebenen Formen sind diejenigen Sekundärblutungen, welche auf Hämophilie beruhen, zu unterscheiden. In den Fällen, in welchen die Krankheit erkannt wurde, versuchte man, durch Kompressionsverbände Hilfe zu schaffen; hier entwickelten sich in den Interstitien gewaltige Schwellungen, welche lange Zeit unter Erhöhung der Körpertemperatur bestanden. Stets handelte es sich hier nur um eine mäßige Ausdehnung der Hämophilie; Verwundungen bei höheren Graden führen den Tod binnen kurzem auf dem Schlachtfelde herbei.

Von den Verletzungen größerer Venen ist es längst bekannt, daß sie ohne Folgen heilen können. So hat schon Stromeyer bei einer Obduktion 3 Wochen nach dem Schusse einen Riß der Jugularis interna durch Verwachsung der Intima fest geschlossen gefunden. Auch von den Wunden der Arterien müssen wir dasselbe, allerdings weit seltener, annehmen. Mac Cormac sah 11 Tage nach dem Trauma bei der operativen Freilegung eines Nerven einen mehrere Millimeter langen Riß in der Axillaris völlig verklebt, ohne die Spur eines Blutergusses in der Umgebung.

Doch bilden solche Fälle eine Ausnahme; in der Regel entsteht nach der Gefäßverletzung ein Aneurysma oder auch eine totale Obliteration. Der Thrombus organisiert sich und führt so den vollständigen Verschluß der Arterie oder Vene herbei. Mitunter stellt sich späterhin die Lichtung dadurch wieder her, daß von den Vasa vasorum aus Sprossen in den Thrombus hineinwachsen, welche die beiden durchschossenen Enden der Ader miteinander ver-

binden. Auch eine Resorption des anfangs weichen Blutpfropfes kann stattfinden.

### 3. Die traumatischen Aneurysmen.

Traumatische Gefäßgeschwülste waren früher nach Schußverletzungen sehr seltene Ereignisse, sah doch selbst der erfahrene aller Kriegschirurgen der Mitte vorigen Jahrhunderts, Pirogoff, niemals einen solchen Tumor. Nach Einführung eines kleineren Geschößkalibers wurden sie schon häufiger; so verzeichnet der Deutsche Sanitätsbericht 1870/71 44 Aneurysmen, während im amerikanischen Rebellionskriege deren 74 beobachtet wurden. Seit Annahme des Mantelgeschosses mit seinem geringen Querschnitte sind dieselben fast tagtägliche Vorkommnisse im Felde geworden; jeder Chirurg, welcher in Südafrika tätig war, hat eine größere Anzahl derselben gesehen.

Die wichtigsten Bedingungen für das Zustandekommen eines traumatischen Aneurysma sind nach E. v. Bergmann<sup>1)</sup>: ein enger, langer Schußkanal mit kleinen Hautöffnungen, ein unbedeutendes Loch in der Arterie, sowie ein schneller, aseptischer Wundverlauf. Alle diese Voraussetzungen werden, wie wir schon gesehen haben, bei den Verletzungen durch die kleinkalibrigen Gewehrsgeschosse erfüllt, während sie in früheren Feldzügen nur selten gegeben waren. Damals waren infolge der Anwendungen größerer Projektile die Schußkanäle weit, so daß das Blut durch die großen Hautöffnungen ungehindert nach außen strömen konnte: dazu wurde in der Regel die Vernarbung durch den Eintritt der Eiterung verzögert, so daß Verklebungen wieder gelöst, Thromben erweicht wurden, und somit die Bedingungen für die Ausbildung einer Gefäßgeschwulst fortfielen.

Die Entwicklung eines traumatischen Aneurysma kann auf zweierlei Weise vor sich gehen: in dem einen Falle findet man bald nach der Verwundung ein mächtiges, sich anfangs noch vergrößerndes interstitielles Hämatom, ohne daß eine bedeutende äußere Blutung bestanden zu haben braucht. Meist fehlt sie sogar. Die Oeffnung in dem verletzten Gefäße verschließt sich nun durch Verklebungen oder

---

1) v. Bergmann, Zur Kasuistik des arteriell-venösen traumatischen Aneurysma. Langenbecks Archiv, Bd. 69.

Thrombenbildung; ein Teil des in die Umgebung ergossenen Blutes wird resorbiert. Wenn die Herzkraft gehoben, der Patient anfängt, sich zu erholen und seine Glieder zu bewegen, treten von neuem Hämorrhagieen ein, welche zwar auch nach einiger Zeit zum Stillstande kommen, sich aber bald wiederholen. Allmählich wird die in den Geweben liegende Blutmasse vom Bindegewebe umwachsen; es bildet sich ein Sack, welcher mit dem Gefäße in Verbindung steht und von ihm gespeist wird.

Diese Form, welche man auch als *Haematoma arteriale diffusum* bezeichnet, bildet sich meist unter Erhöhung der Körpertemperatur bald nach dem Schusse aus, ungefähr im Verlaufe von 1—3 Wochen. Sie macht infolge ihrer großen Ausdehnung und des hohen Druckes, welcher in dem Tumor herrscht, recht häufig lebhaft Beschwerden: sie drückt auf die Nerven und ruft Störungen der Sensibilität und Motilität hervor, komprimiert die Lymphbahnen und Venen, den Rückfluß der Lymphe und des Blutes hindernd und somit hochgradige Oedeme verursachend. Kommuniziert das Loch in der Arterie mit einem Gelenke, z. B. dem Knie, so kommt es zum pulsierenden *Haemarthros*, welcher stets große Schmerzen und Unbrauchbarkeit des Gliedes hervorruft. Diese heftigen Störungen pflegen meist allmählich zurückzugehen, so daß sich schließlich ein genügender Kollateralkreislauf ausbildet, und der Ausgang in Gangrän selten ist. Im südafrikanischen Feldzuge wurde derselbe nicht beobachtet.

Noch häufiger entwickelt sich das Aneurysma nach Schußverletzungen, ohne daß eine erhebliche interstitielle Blutung vorhanden war. Die Wunde pflegt in diesen Fällen scheinbar ohne jede Zwischenfälle zu heilen; der Patient wird nach Hause entlassen, bis dann entweder allmählich oder auch plötzlich im Anschlusse an eine schwere Anstrengung oder ein leichtes Trauma die Gefäßgeschwulst zum Vorschein kommt. Eine typische derartige Entstehung des Aneurysmas sah ich bei einem Buren im Volkshospitale zu Johannesburg. Der junge Mann war etwa 10 Wochen vor seiner Aufnahme in das Lazarett durch den Oberarm geschossen; schon 14 Tage später war die Wunde geschlossen, konnte das Glied wieder mühelos bewegt werden. Zwei Monate nach der Verletzung verspürte der scheinbar völlig gesunde Mensch plötzlich beim Aufpumpen seines Velocipeds einen heftigen Schmerz

in der Narbe; nun fand er eine Schwellung an der medialen Seite des Oberarmes, die er vorher nicht wahrgenommen hatte und sich bei der Untersuchung als ein pulsierender Tumor der Arteria brachialis herausstellte.

Solche zirkumskripten Aneurysmen kommen dann zustande, wenn die kleine Oeffnung im Gefäßrohre durch Thromben verlegt wird, verheilt, und nun die Narbe allmählich oder bei einer plötzlichen Drucksteigerung in der betreffenden Arterie in kürzester Zeit ausgedehnt resp. perforiert wird. Auch kann eine isolierte Ruptur der Intima oder Media infolge einer Schußkontusion zu einer nachträglichen Erweiterung des Lumens führen, wie wir schon gesehen haben. Die Zeit, welche zwischen dem Tage der Verletzung und dem Auftreten der Geschwulst vergeht, schwankt zwischen Wochen und Jahren. Bei Verwundungen durch kleinkalibrige Projektile beobachtete man in der Regel ein Zwischenstadium von 10—30 Tagen; doch sah ich noch einen pulsierenden Tumor der Subclavia erst 6 Monate nach dem Schusse in Erscheinung treten.

Ganz besonders zugenommen haben unter der Anwendung der Mantelgeschosse die arterio-venösen Aneurysmen, deren Entstehung durch eine Anzahl in dem südafrikanischen Feldzuge gemachter Autopsien und auf Grund der Gewinnung einzelner solcher Präparate wohl hinreichend erklärt ist. Das Projektil schlüpft zwischen den beiden benachbarten Gefäßen hindurch und schlägt aus jeder Wandung infolge seines geringen Querschnittes auch nur ein Stück von geringem Umfange. Nun kommt es zwar zu einem Blutergusse; er wird aber unter günstigen Bedingungen bald resorbiert, so daß sich die einander gegenüberliegenden Gefäßwunden aneinander anlegen und miteinander verwachsen. Das Blut der Schlagader tritt zum Teil in die Vene über, diese erweitert sich partiell an der der Kommunikation gegenüberliegenden Stelle; somit entsteht der Varix aneurysmaticus. Häufiger noch bildet sich aus dem Extravasate ein Sack, von welchem aus dann das arterielle Blut nachträglich in die Vene übergeführt wird; es kommt so zu einem Aneurysma varicosum.

Makins konnte zweimal bei der Operation konstatieren, daß sich ein Aneurysma arterio-venosum nach einem Lochschusse durch die Femoralgefäße entwickelt hatte; seiner Ansicht nach ist die symmetrische Perforation der beiden

nebeneinander in derselben Scheide befindlichen Adern die häufigste Veranlassung zur Ausbildung dieser Erkrankung. Nach ihm gibt es einen Varix aneurysmaticus, wenn die zwei zugehörigen Gefäße inmitten festeren Gewebes, wie z. B. des Hinterschen Kanals verlaufen, während ihre Lage in einer nachgiebigen Umgebung die Entstehung eines Aneurysma varicosum wahrscheinlich macht. Für die letztere Anschauung scheint mancherlei zu sprechen; doch ergibt sich aus unseren Erfahrungen in Südafrika, wie auch an und für sich viel wahrscheinlicher, daß die Streifung der Arterie und Vene weit häufiger die Ursache beider Formen ist, als die viel seltenere reine Durchlochung.

Man war früher, nach dem Vorbilde von Hodgson geneigt, die Bildung des Aneurysma arterio-venosum so zu erklären, daß man annahm, die Wandungen der Gefäße seien durch die vorüberfliegende Kugel gar nicht völlig durchtrennt, sondern hätten nur eine Kontusion erfahren; es käme dann die Kommunikation späterhin dadurch zustande, daß die gequetschten Partien nekrotisch würden und sich abstießen<sup>1)</sup>. Zweifellos ist dieser Entstehungsmechanismus bei Wunden durch die größeren, langsameren Geschosse auch der gewöhnliche gewesen; bei Läsionen durch kleinkalibrige Projektile ist aber die Ursache eine andere, wie sich aus dem Umstande ergibt, daß oft sofort nach der Verletzung eine recht erhebliche äußere oder interstitielle Blutung beobachtet wurde.

Aneurysmen wurden an allen größeren Arterien des Körpers wahrgenommen. Ich selbst sah sie an der Maxillaris interna, Brachialis, Subclavia, Poplitea, am häufigsten aber an der Femoralis. Auch die selteneren arterio-venösen Geschwülste wurden fast überall gefunden, so von Makins an der Carotis, Innominata, Axillaris, Femoralis, Poplitea, von Dent an der Anonyma, Brachialis usw.

Ueber die absolute Häufigkeit der Aneurysmen nach Schußverletzungen durch die modernen Feuerwaffen lassen sich zurzeit noch keine sicheren Angaben machen; ihre große Zunahme gegenüber früheren Feldzügen geht aus dem Umstande hervor, daß sich unter meinen Patienten im Burenkriege 4 % mit Gefäßgeschwülsten befanden, während 1870/71 noch nicht  $\frac{1}{2}$  pro 1000 aller Verletzten damit behandelt

1) Vergl. Bramann, Das arteriell-venöse Aneurysma. Langenbecks Archiv, Bd. 33, S. 50.



wurden. Wieviel Gefäßverwundungen späterhin zur Entwicklung eines Aneurysmas führen, ist noch weniger zu sagen: bei den Extremitäten wird man wohl nicht weit fehlen, wenn man annimmt, mindestens die Hälfte.

Die Diagnose eines ausgebildeten Aneurysma ist so leicht nicht zu verfehlen; der meist pulsierende Tumor im Verlaufe einer größeren Schlagader, welche von dem Schußkanale gekreuzt wird, die Wahrnehmung eines intermittierenden, mit der Herzsystole isochronen Geräusches, welches bei Kompression des zuführenden Gefäßes verschwindet, die Ungleichheit des Pulses und das Ausbleiben desselben bei Druck auf die Geschwulst sichern dieselbe wohl in allen Fällen. Besteht eine Verbindung zwischen Arterie und Vene, so hört man das bekannte, charakteristische, schwirrende Geräusch (*purring thrill* der Engländer) über dem Tumor, sowie zentralwärts davon; ferner fühlt man mit der aufgelegten Hand ein eigentümliches Schnurren, zwei Symptome, welche sich beim Zusammendrücken der Schlagader oberhalb der Kommunikation verlieren. Weiter findet man eine grössere Spannung in den peripheren Venen, häufig ein Pulsieren derselben. Momente, welche im Vereine mit den Stauungserscheinungen jedem Zweifel ein Ende machen.

Mit geringerer Sicherheit ist der *Varix aneurysmaticus* vom *Aneurysma varicosum* zu unterscheiden. Hierbei ist zu beachten, daß der erstere meist eine kleinere, deutlich fluktuierende Geschwulst von weicher Konsistenz darstellt und durch manuellen Druck leicht entleert werden kann, während das letztere sich zwar durch direkte Kompression verkleinern, aber nie zum völligen Verschwinden bringen läßt. Dazu ist es oft von recht erheblichem Umfange, selbst bis zur Größe einer Mannesfaust, fest, mit sehr derben Wandungen.

Die Prognose des *Varix aneurysmaticus* ist im allgemeinen günstiger, als die des *Aneurysma varicosum*; während jener meist stationär bleibt und keine unmittelbare Gefahr für das Leben des Patienten darstellt, wird bei diesem nur selten ein dauernder Stillstand beobachtet. Der Tumor wächst allmählich, oft auch schneller; schließlich kommt es zur Ruptur und zum Tode. Auch sind bei der ersteren Form der Gefäßerkrankung die Folgen für die Zirkulation und die Funktion des leidenden Gliedes, wenigstens im Anfange, weit geringer, als bei der letzteren; Punkte, welche für die Therapie im Felde von großer Wichtigkeit sind.

Am gefährlichsten sind zweifellos die Aneurysmen zwischen Carotis und Jugularis, welche notwendig zu Ernährungsstörungen im Gehirn führen müssen. Die Beschwerden, welche sie machen, sind daher meist recht erheblich; außer Kopfschmerzen, Schwindelanfällen und Ohnmachten beobachtete man danach Störungen der Intelligenz, Sehschwäche, Abnahme des Gehörs, als Folge der Kompression des Vagus und Laryngeus inferior, der Trachea und des Oesophagus Atem- und Schluckbeschwerden, sowie Heiserkeit. Dazu kommt noch, daß die meisten Patienten durch das immerwährende Brausen in dem Tumor außerordentlich belästigt und in ihrer Nachtruhe gestört werden.

Etwas geringer sind die Beschwerden, welche die Aneurysmen der oberen Extremitäten machen. Kommunikationen zwischen den großen Adern der Achselhöhle führen zu Stauungen im Arme unter Vermehrung seines Umfanges, zur Muskelatrophie, infolge ihres Druckes auf die Nerven zu Störungen der Sensibilität und Motilität, leichter Ermüdbarkeit des Gliedes und dergl. Gefäßgeschwülste in den distaleren Teilen desselben machen meistens nur unbedeutende Erscheinungen.

Auch an der unteren Extremität kommt es meist bei längerem Bestehen der arteriovenösen Geschwulst zu schwerer Beeinträchtigung der Funktion. Es entwickeln sich hochgradige Oedeme mit Ulcerationen, elephantiastische Schwellungen, Atrophie der Muskulatur, sodaß die Patienten nicht imstande sind, längere Zeit auf den Beinen zu sein, sondern ihr Leben im Zimmer, ja oft dauernd im Bette zuzubringen genötigt sind.

Das gewöhnliche arterielle Aneurysma gibt ebenfalls im allgemeinen keine günstige Prognose. Wenn auch Spontanheilungen durch Ausfüllung des Sackes mit Thromben und Ersatz derselben durch Bindegewebe eintreten können, — einen derartigen Ausgang beobachtete Küttner im Boerenfeldzuge — so sind doch diese Fälle selten. In der Regel wächst die Geschwulst immer mehr; schließlich kann es auch hier zur Ruptur mit eventueller tödlicher Blutung kommen. Je nach dem Sitze und der Größe der Geschwulst sind natürlich die Erscheinungen verschieden, gestaltet sich die Prognose mehr oder weniger günstig.

Die Therapie der einzelnen Formen des Aneurysma weicht im Felde, wo aus schon erwähnten Gründen nach

etwas anderen Prinzipien verfahren werden muß, von derjenigen der gewöhnlichen Friedenspraxis etwas ab.

Bei der großen Gefahr der Nachblutung muß meiner Ansicht nach die Behandlung des Aneurysma traumaticum diffusum (arterielles Hämatom) stets eine operative sein. Man spaltet, wenn möglich unter Esmarchscher Konstriktion oder wenigstens Kompression der zuführenden Schlagader, den Sack und unterbindet nach Ausräumung der Koagula das verletzte Gefäß zentral und peripher. Der Ligatur der Arterie zentralwärts am Orte der Wahl wider-raten wir, einmal wegen der Unsicherheit der Blutstillung, zweitens der Gangrängefahr wegen. So sah Makins unter diesen Umständen zwei mal Brand des Beines eintreten.

Hat man ein kleines zirkumskriptes Aneurysma vor sich, so halte ich es für indiziert, zuerst zu versuchen, dasselbe durch Kompression zur Heilung zu bringen. Gelingt man damit nicht zum Ziel, ist der Tumor zu groß und macht heftige Beschwerden, so schreite man zur Operation. Dieselbe bestehe auch hier nach Antyllus in Eröffnung und eventueller Entfernung des Sackes nach zentraler und peripherer Ligatur der Arterie, sowie aller von der Geschwulst abgehender Seitenäste. Sollte diese Methode nicht ausführbar sein, so unterbindet man nach Hunter die Schlagader proximal von der Geschwulst. Bei manchen Aneurysmen, z. B. der Subclavia, Anonyma u. a. ist auch dies nicht möglich; hier bleibt nur die Ligierung der abführenden Arterie übrig.

Weit schwieriger ist die Entscheidung, wie wir uns den arterio-venösen Geschwülsten gegenüber zu verhalten haben. Hier muß man stets aufs neue erwägen, ob die Gefahren der Operation auch im Einklange stehen mit dem, was man dadurch erzielen kann, ob nicht gerade durch die Erreichung ihres Zweckes, der Beseitigung des Tumors, schwere Schädigungen des Körpers erwachsen.

Macht ein Varix aneurysmaticus wenig Beschwerden, und verspricht die Entfernung desselben durch das Messer sehr schwierig zu werden, so läßt man ihn am besten zufrieden oder behandelt ihn mit Kompression. So wird man im allgemeinen von seiner Operation am Halse Abstand nehmen, um nicht Ernährungsstörungen im Gehirne herbeizuführen, zumal da die Erfahrung gezeigt hat, daß die Kommunikation zwischen Carotis und Jugularis bisweilen recht gut vertragen wird.

Sitzt der Varix an den Extremitäten, so soll man sich nicht lange mit unsicheren Methoden der Behandlung abgeben, sondern ihn operativ angreifen. Die beste Methode ist nach unseren heutigen Anschauungen die Freilegung der Geschwulst, Exstirpation derselben, Durchtrennung der Kommunikationsstelle und Gefäßnaht. Wo dies nicht angängig ist, empfiehlt sich die Unterbindung der Schlagader ober- und unterhalb ihrer Vereinigung mit der Vene, während diese unberührt bleibt. Hiermit hat man in Südafrika recht gute Erfolge erzielt. In beiden Fällen ist der Eintritt der Gangrän nicht zu befürchten. Gefährlicher nach dieser Richtung hin ist die Exstirpation des Sackes unter doppelter Ligatur der Arterie und Vene, ein Verfahren, welches jedoch vor Recidiven schützt.

Letztere Methode ist auch die einzige unbedingt zuverlässige, deren man sich zur Beseitigung des Aneurysma varicosum bedienen kann, falls nicht eine Gefäßnaht möglich ist. Stets soll man jedoch, ehe man zur Operation schreitet, längere Zeit Digitalkompression anwenden, einmal weil die Möglichkeit einer Verödung des Sackes hiernach nicht ausgeschlossen ist, und zweitens, um dem Kollateralkreislauf Zeit zu geben sich auszubilden. Wenn nach vollständiger Hemmung des Blutdurchflusses durch Arterie und Vene die peripheren Teile nicht mehr blaß werden, und mit Nachlaß des Druckes keine reaktive Hyperämie mehr auftritt, dann kann man ruhig jeden Eingriff wagen, ohne an den Extremitäten Gangrän, am Halse schwere Hirnerscheinungen fürchten zu müssen.

Alle anderen Verfahren sind unsicher, sie kommen nur in Frage, wenn diese Operation nicht möglich ist. Dann muß man sich allerdings mit der Ligatur der Arterie zentral und peripher oder äußersten Falles nach Hunter begnügen.

## C. Die Schußverletzungen des peripheren Nervensystems.

### 1. Die einzelnen Formen der Verletzung und ihre Symptome.

Die Läsionen der Nerven haben unter der Anwendung der kleinkalibrigen Geschosse unzweifelhaft bedeutend zugenommen. H. Fischer schrieb in seinem bekannten Handbuche noch im Jahre 1882 von einer großen Seltenheit solcher Verletzungen; im Boerenfeldzuge gehörten sie zu den allerbüufigsten und wichtigsten Verwundungen, welche

der Chirurg zu Gesicht bekam. Der Grund hierfür liegt in dem Umstande, daß der Nerv nicht imstande ist, einem schnell fliegenden Geschosse auszuweichen, während er dies infolge seiner Festigkeit, Dehnbarkeit und der Einbettung in lockeres Gewebe den älteren, langsameren Bleikugeln gegenüber vermag.

Eine der interessantesten Beobachtungen aus dem letzten südafrikanischen Feldzuge, welche auch wir Gelegenheit hatten zu machen, ist die, daß ein schnellfliegendes Projektil Fernwirkungen auf den Nerven ausübt, d. h. daß dieser, zuweilen sogar dauernd, in seiner Leitungsfähigkeit geschädigt werden kann, trotzdem er außerhalb des Bereiches des Schußkanales liegt, und sich bei Freilegung oft anscheinend gar keine Veränderung an ihm feststellen läßt. Eine genügende Erklärung dieser häufig konstatierten, höchst merkwürdigen Tatsache ist bis jetzt noch nicht gegeben worden. Wir nehmen nach unseren Anschauungen über die Wirkung des Geschosses auf flüssige Medien an, daß durch den Stoß Gewebsteilchen oder Blut bei Seite geschleudert werden, mit großer Geschwindigkeit auf den Nerven treffen und somit gleichsam als Sekundärprojektilen wirken.

Die meisten Verletzungen werden durch das Geschöß selbst oder seine einzelnen Teile verursacht; jedoch beobachtete man auch, besonders an den oberen Extremitäten. Verwundungen durch Knochensplitter, namentlich in früheren Feldzügen unter Anwendung von großkalibrigen Bleiprojektilen, während aus dem Boerenkriege nur wenige Berichte davon vorliegen.

Der anatomische Charakter der Verletzung richtet sich nach der lebendigen Kraft der Kugel, der Fläche, mit welcher sie angreift, sowie dem Winkel, unter welchem sie auftrifft.

Als die geringste Form der Nervenverletzung bezeichnen wir nach Analogie von Vorgängen im Gehirne und Rückenmarke die Erschütterung, indem wir uns vorstellen, daß es sich hierbei um Molekularveränderungen in der Substanz, welche für unser Auge nicht sichtbar sind, handelt. Nach unseren Anschauungen werden sie hervorgerufen durch das Projektil, ohne daß eine direkte Berührung stattfindet. Da also keine anatomischen Befunde zu erheben sind, so schließen wir auf die Commotio aus bestimmten, schnell vorübergehenden Symptomen.



Die zweite Form ist die Kontusion, welche entweder direkt durch das Projektil oder durch mitgerissene Knochensplitter hervorgerufen werden kann. Der Charakter der Verletzung variiert nach der Intensität des Traumas. In leichten Fällen findet man nur eine geringe Anschwellung der getroffenen Stelle, bewirkt durch leichte Blutergüsse in die Scheide oder die Substanz, daneben vielleicht noch die Zerreißung einiger Fasern, im übrigen aber keine Veränderungen. Bei schweren Quetschungen, wie sie hauptsächlich durch grobes Geschütz veranlaßt werden, ist das ganze Nervenbündel oft auf die Länge von mehreren Centimetern in einen matschen Brei von schmutzig graurötlicher Farbe verwandelt, welcher kaum noch Faserung erkennen läßt. Recht charakteristisch ist die spindelförmige Anschwellung der so verletzten Partie, wie sie die dem bekannten Werke von Delorme entnommene Figur 23a wiedergibt. Mikroskopisch sieht man zahlreiche Hämorrhagien, Zerfall der Axencylinder, Umwandlung der Markscheiden in kleine und größere Myelintropfen, sowie Anschwellung der Fasern.

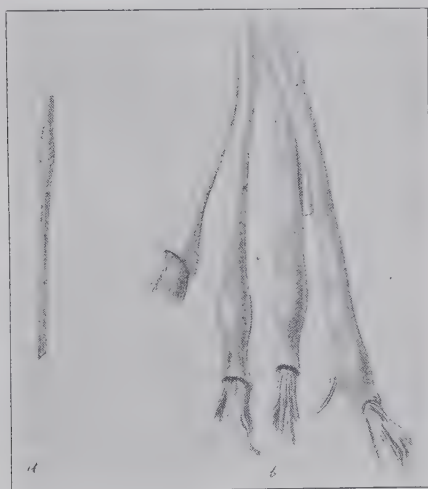
Weitaus die häufigsten Verletzungen des Nerven stellen die Wunden desselben mit totaler und partieller Zerreißung seines Stammes dar, wie wir sie namentlich bei Kleinkaliberschüssen beobachten. Die mannigfachsten Befunde wurden hier bei den zahlreichen Operationen von englischen Chirurgen in Südafrika erhoben: Streifungen mit runden oder ovalen Defekten am Rande, schlitzförmige Durchlochungen, besonders an den Strängen des Plexus brachialis und Ischiadicus, Zerreissungen des ganzen Stammes, selbst das Herausschlagen von größeren Stücken aus der Kontinuität des Nerven, welche bei schrägem Auftreffen des Projektils, wie bei Schüssen auf den in Anschlagstellung befindlichen, liegenden oder erhobenen Arm die Länge von mehreren Centimetern erreichen können. Die nämlichen Verletzungen sind schon früher unter der Anwendung der größeren Gewehr- und Artilleriegeschosse mit Ausnahme wohl nur der knopflochförmigen Durchlochung beobachtet worden; hier bilden jedoch die vollständigen Trennungen des Zusammenhanges die Regel, während sie bei den Verwundungen durch die modernen Gewehre gegenüber den übrigen Formen in der Minderzahl sind.

Die Ruptur des Nerven erfolgt im allgemeinen am Angriffspunkte der Gewalt: zuweilen schieben jedoch matte Pro-

jektile seinen Stamm noch eine Strecke weit in der Flugrichtung mit sich, bis er durchreißt, oft weit entfernt von dem Orte der Einwirkung der Kugel an einer Prädilektionsstelle, so der Ischiadicus bei seinem Austritte aus dem Becken.

Die Veränderungen, welche der Nerv erleidet, beschränken sich meist nicht auf die verletzte Partie, sondern betreffen auch ihre nähere und weitere Umgebung. Hier findet man

Fig. 23.



- a) Quetschung des Nervus medianus durch einen Granatsplitter.  
(Nach Delorme.)
- b) Zerreißung des Plexus brachialis durch einen Granatsplitter.  
(Museum Val-de-Grace, nach Delorme.)

Hämorrhagieen, sowie eine Zertrümmerung der Fasern und Scheiden bis weit hinaus, zentralwärts wie peripher. Die durchschossenen Enden sind infolge ihrer Dehnung und Quetschung stark geschwollen; ihre Oberfläche ist unregelmäßig mit vielen hervorragenden Fasern besetzt und bietet so den Anblick eines Reiserbesens dar (Fig. 23b). Alle diese Befunde sind am meisten ausgeprägt bei Verwundungen

durch grobes Geschütz, namentlich bei Abreißungen ganzer Glieder oder großer Fleischmassen, sind jedoch mehr oder weniger auch bei jeder Nervenzerreißung vorhanden.

Gleichwie nun die einzelnen Formen der Verletzung in einander übergehen, so sind auch ihre Symptome nicht streng auseinander zu halten.

Die Erschütterung ist charakterisiert durch das schnelle Verschwinden von nervösen Erscheinungen, welche sich oftmals im Anschluß an eine Schußverletzung entwickeln, wenn der Weg des Projektils in der Nähe eines großen Nervenstammes vorbeiführte, ohne daß dieser direkt getroffen war. Man beobachtet dann Störungen der Sensibilität und Lähmungen des Gliedes, welche einige Zeit, etwa bis zu zwei Wochen, bestehen bleiben, um dann wieder zu verschwinden. Hierhin gehören auch Beobachtungen von kurz-dauernder Blindheit, Anosmie und Taubheit nach Gesichtsschüssen.

Auf die gleiche Kategorie von Verletzungen sind auch Wahrnehmungen zurückzuführen, wie wir sie selbst einige Male bei Schüssen durch den Plexus brachialis machten.<sup>1)</sup> Trotzdem das englische 7,7 mm Projektil unmöglich den ganzen breiten Strang direkt beschädigt haben konnte, war doch der Arm nach dem Trauma vollkommen paralytisch und anästhetisch. Diese Erscheinungen bildeten sich in kürzester Zeit zurück: ein Stamm verblieb jedoch auch fernerhin temporär oder dauernd in seiner Leitungsfähigkeit gestört. Hier müssen wir ebenfalls eine Commotio annehmen, in dem Sinne, welchen wir vorhin besprochen haben.

Solche Verletzungen wurden früher zumeist in die Rubrik der Reflexlähmungen gerechnet. Man verstand darunter Lähmungen, welche sich an entfernt von dem Orte der Verwundung befindlichen, damit in keiner Beziehung stehenden Gliedern zeigen. So berichtet der amerikanische Sanitätsbericht aus dem Bürgerkriege, z. B. von Paralyse sämtlicher Extremitäten nach Schüssen durch den Oberschenkel u. s. f. Nach Brown-Séquard sollen die Lähmungen auf einer durch reflektorische Kontraktion der Spinalgefäße hervorgerufenen Anämie einzelner Rückenmarksgebiete beruhen, während Leyden der Ansicht Ausdruck gab, daß sie die Folge von

1) Vergl. Küttner, l. c. S. 33.

Blutungen in das Rückenmark und beim Hinfallen oder Wälzen auf dem Boden entstanden seien. Wir halten sie für Shokerscheinungen.

Ganz ähnliche Symptome, wie bei der Erschütterung finden wir auch bei den leichteren Formen der Quetschung: Anästhesieen und Paralysen resp. Paresen von vorübergehendem Charakter. Nach Makins beobachtet man in solchen Fällen häufig Hyperästhesieen, die ebenfalls transitorischer Natur sind, eine Wahrnehmung, welche wir namentlich bei Shrapnelverletzungen gemacht haben.

Die schweren Formen der Kontusion gleichen mehr oder weniger den vollständigen Durchtrennungen, so daß es meist unmöglich ist, aus den Symptomen die Differentialdiagnose zu stellen. Sofort nach der Verwundung findet man hier das ganze Gebiet des betreffenden Nerven motorisch und sensibel gelähmt; häufig bestehen gleichzeitig Erscheinungen von allgemeinem Shok. Kehrt nun nach kurzer Zeit die Sensibilität zurück, entwickeln sich Hyperästhesieen, so ist wohl die komplette Kontinuitätstrennung auszuschließen: hier kann es sich nur um eine Quetschung oder partielle Zerreißung, Streifung oder schlitzförmige Durchbohrung des Nervenstammes handeln.

Bei oberflächlichem Verlaufe derselben vermag auch die Palpation über die Natur der Verletzung sichere Auskunft geben. Besteht eine vollständige Aufhebung des Zusammenhanges, so fühlt man die kolbig angeschwollenen Enden, bei reinen Kontusionen die durch den Bluterguß verdickte Partie.

Abgesehen von diesem letzteren, immerhin doch seltenen Falle, lassen sich somit im großen und ganzen die einzelnen Formen der Verletzungen durch die Intensität und die Dauer der Symptome unterscheiden, auf welche im folgenden etwas genauer eingegangen werden soll.

Der primäre Wundschmerz bei der Verletzung eines sensiblen oder gemischten Nerven ist fast immer nur kurz dauernd und oft nicht einmal sehr bedeutend; die meisten unserer Patienten bezeichneten ihn als blitzartig, einzelne von ihnen gaben auch an, im Momente der Verwundung einen heftigen, den ganzen Körper erschütternden Schlag empfunden zu haben. Bekannt ist die falsche Projizierung der Verletzung, bei Durchbohrung des Ischiadicus in den Fuß,

bei Affizierung des Armplexus in die Hand usw., Erscheinungen, welche sich unschwer verstehen lassen.

Die meisten Verwundeten mit Verletzungen größerer Nervenstämme brechen sofort zusammen und fallen zu Boden, selbst bei Schüssen durch das Gesicht und die oberen Gliedmaßen, auch wenn ihr Bewußtsein erhalten ist und sie sich späterhin wieder aufzurichten vermögen. Stets ist dies der Fall, sobald die unteren Extremitäten getroffen sind.

Sensibilitätsstörungen sind regelmäßige Befunde bei Schußverletzungen der Nerven; es ist aber schon seit langem bekannt, daß völlige Anästhesien nur recht selten danach auftreten. Der Grund liegt in den zahllosen Anastomosen, welche gerade die zentripetalen Nerven Zweige miteinander eingehen. Daher kommt denn auch dem Chirurgen weit häufiger eine komplette Lähmung der Motilität, als ein vollständiges Erlöschen der verschiedenen Qualitäten der Empfindung zu Gesichte.

Hyperästhesien sind meist die Folge von Quetschungen des Nerven, hervorgerufen durch eine abnorme Reizbarkeit desselben bei Anwesenheit von Blutergüssen: zuweilen setzen sie erst beim Beginne der Regeneration ein, sind dann also ein günstiges Zeichen.

Neuralgien werden verursacht durch den Druck von steckengebliebenen Teilen des Projektils und spitzen Knochensplintern, namentlich wenn diese sich in den Nerven eingebohrt haben, durch Hämorrhagien, am häufigsten aber durch die spätere Einbettung in Narbengewebe. Ferner kann sich im Anschlusse an die Verwundung eine interstitielle Neuritis entwickeln, können sich Neurome ausbilden, welche die Ursache von dauernden, unerträglichen Beschwerden werden. Schließlich geben noch Aneurysmen, die sich nach Schußwunden von Gefäßen entwickeln, oder Entzündungen in der Nachbarschaft die Veranlassung ab für schwere Neuralgien.

Das prägnanteste Symptom nach der Verletzung eines gemischten Nerven ist die Störung der Motilität. Mit Recht macht R. Köhler<sup>1)</sup> darauf aufmerksam, daß im Momente der Läsion des Nerven eine Zuckung im Gebiete der von ihm versorgten Muskulatur auftreten muß; doch ist diese Kontraktion so kurzdauernd und in der Aufregung so leicht

1) l. c. S. 704.



zu übersehen, daß es wohl begreiflich erscheint, wie selten sich die Verwundeten dieses Vorgangs erinnern. Von meinen sämtlichen Patienten hat denn auch nur ein einziger, ein den gebildeten Ständen angehöriger Boer, angegeben, daß einer Verletzung des Plexus brachialis eine unwillkürliche kräftige Bewegung des Unterarmes gefolgt sei. Nur ausnahmsweise bleibt dieser Krampfzustand noch längere Zeit bestehen. So berichtet Weir Mitchell, daß ein Soldat mit einem Schusse durch den Arm einen seiner Kameraden bitten mußte, ihm die Flinte aus der Hand zu nehmen, da er die letztere nicht zu öffnen vermochte.

Das erste Zeichen, welches auf eine Verletzung des Nerven hindeutet, ist also meist die Lähmung. Sie kann partiell oder total sein, vorübergehend oder dauernd, je nach dem Charakter der Wunde. Zuweilen findet man anfangs nur eine Parese, welche sich jedoch späterhin in eine Paralyse umwandelt. Dies wird beobachtet, wenn ein durch das Geschoß nur teilweise getrennter Nerv infolge einer Infektion nekrotisch wird, oder häufiger, sobald der ganze Stamm in Narbengewebe eingebettet wird.

Mit der Lähmung treten die bekannten Aenderungen der elektrischen Erregbarkeit ein, auf welche ich nicht näher eingehen kann.

Kontrakturen der Muskulatur nach der Verletzung eines Nerven sind selten; sie beruhen entweder auf einer Reizung desselben durch Knochenfragmente und steckengebliebene Geschoßteile oder sind die Folge einer Paralyse der Antagonisten.

Da in einem gemischten Nerven stets Fasern verlaufen, welche zu den Gefäßen führen, so sind vasomotorische Störungen nach dem Trauma sehr häufige Befunde. Im Anfange beobachtet man meist eine Paralyse und Erweiterung der Kapillaren, sowie davon abhängig Temperatursteigerungen in dem gelähmten Gliede, welche jedoch späterhin, oft schon nach wenigen Stunden, einer Abkühlung weichen. Diese Unterschiede in der Wärme der gesunden und kranken Extremität können recht bedeutend werden, bis zu 5° C und darüber betragen; sie werden meist von dem Patienten sehr deutlich und lästig empfunden.

Neben den hier geschilderten Symptomen macht die Schußverletzung des Nerven oft Erscheinungen allgemeiner Art, welche als Shock bezeichnet werden und von uns schon

geschildert sind. So beobachteten wir Bewußtlosigkeit fast immer bei Verwundungen der Hirnnerven, häufig am Plexus brachialis, jedoch niemals an den unteren Extremitäten.

## 2. Der Verlauf und die Prognose der Nervenschußverletzungen.

Selbst ein Nervenstamm, dessen Kontinuität unterbrochen ist, kann wieder zusammenwachsen und von Neuem seine Funktion aufnehmen. Ob dies geschehen wird, hängt von dem Charakter der Verletzung und dem Wundverlaufe ab. Es tritt die Regeneration leichter ein, wenn eine einfache quere Durchtrennung ohne erhebliche Quetschung vorliegt, als wenn ein ganzes Stück herausgerissen oder durch Kontusion zerstört ist. Sind die Scheiden noch im Zusammenhange, nur die Fasern auseinandergewichen, so ist ebenfalls eher eine Wiederherstellung der Leitung möglich, als wenn die Enden nicht mehr miteinander verbunden sind.

Die primäre Heilung eines Nervenstammes, dessen Kontinuität durch das Trauma unterbrochen ist, in dem Sinne, daß die durchtrennten Fasern alsbald zusammenwachsen und ihre Funktion wieder aufnehmen, ist unmöglich: es kommt zuerst zu einer Degeneration des ganzen absteigenden und eines Teiles des aufsteigenden Abschnittes. Daher vergeht meist lange Zeit, bis Schußverletzungen der Nerven mit Aufhebung ihres Zusammenhanges zur Genesung gelangen. Ein Teil derselben führt zu irreparablen Lähmungszuständen. Auch hier ist zu bemerken, daß die Störungen der Sensibilität im Gegensatze zu denen der Motilität fast nie andauernd bestehen bleiben: zahlreiche Anastomosen sorgen für völligen oder teilweisen Ersatz des Verlustes. Daß in seltenen Fällen die Enden zweier nicht zusammengehöriger Nerven verwachsen und funktionieren können, lehrt eine Beobachtung von Israel.<sup>1)</sup>

Unvollständige Durchtrennungen, Loch- und Streifschüsse mit Schlitz- oder Rinnenbildung heilen, wenn die dabei bestehende Quetschung nicht bedeutend ist, etwa im Verlaufe von 3 bis 4 Wochen, andernfalls in ebenso viel Monaten.

Hochgradige Quetschungen, bei denen es haupt-

1) Virchows Archiv, Bd. 85, S. 110.

sächlich unter dem Einflusse einer Eiterung zur Nekrose eines ganzen Stückes kommt, führen häufig zu dauernder Funktionsunfähigkeit; leichte Formen der Kontusion pflegen mit schneller Genesung zu enden, ebenso die Kommotio, letztere oft schon nach 3—4 Tagen.

Allerdings dreht in allen diesen Fällen, selbst den scheinbar günstigsten, die Gefahr der sekundären Einbettung in Narbengewebe. Sie äußert sich in spät auftretenden Lähmungen, neuralgischen Beschwerden oder trophischen Störungen und wurde ganz besonders häufig nach Verwundungen durch das moderne Gewehrprojektil, selbst bei reinen Weichteilverletzungen, beobachtet. Hier fanden englische Chirurgen nicht selten den Nerven in Narbe eingeschlossen oder durch diese verzogen, trotzdem der Schußkanal in einiger Entfernung davon verlief. Eine Umwachsung und Kompression durch Kallusmassen wurde namentlich am Radialis bei Humerusfrakturen, genau wie in der Friedenspraxis, gesehen.

Weiter kann der Heilungsprozeß einer Nervenwunde verzögert werden durch das Auftreten einer Neuritis, welche einen akuten oder chronischen Verlauf nehmen kann. Im ersten Falle setzt diese meist plötzlich ein unter Schüttelfrost, Fieber und allgemeiner Abgeschlagenheit; dazu kommen kontinuierliche, namentlich bei Nacht sehr heftige Schmerzen, welche sich nicht nur über die erkrankte Partie, sondern auch erheblich distal-, sowie proximalwärts erstrecken und durch Bewegungen der Glieder vermehrt werden. Nach kurzer Zeit gesellen sich hierzu Symptome einer Beeinträchtigung der Leitung, Paresen, Paralysen, Anästhesieen, bald auch trophische Störungen, Muskelschwund, lokale Schweiße, Herpes zoster und Atrophieen der Haut, namentlich der als *glossy skin* bezeichnete Zustand derselben. Der erkrankte Nerv ist in seinem ganzen Verlaufe druckempfindlich und häufig als verdickter Strang zu fühlen.

Die akute Neuritis verläuft meist in wenigen Wochen, selbst schon in Tagen günstig, kann jedoch auch in die chronische Form übergehen, deren Prognose wesentlich schlechter ist.

Die hier geschilderte Affektion beruht wahrscheinlich auf einer Infektion durch den Schußkanal, welche entlang dem Nerven wandert und zu einer parenchymatösen Entzündung führt. Dem widerspricht keineswegs die Beobachtung,

welche wir, sowie andere Chirurgen<sup>1)</sup> in Südafrika machten, daß diese Erkrankung zuweilen auch fieberlos bei solchen durch kleinkalibrige Projektile verursachten Wunden auftrat, welche in kürzester Frist vernarbt waren.

Aus dem Boerenfeldzuge liegen keine anatomischen Befunde über die Veränderungen des Nerven bei der nach Schußverletzungen auftretenden akuten Neuritis vor; doch kennen wir dieselben schon seit langem genauer, zuerst aus den Schilderungen von Weir Mitchell. Man findet hier alle Zeichen einer echten Entzündung: Hyperämie, Schwellung und Exsudation, mikroskopisch Anhäufung von Leukocyten, namentlich im Endoneurium und in der Umgebung der Blutgefäße. Trotzdem kommt es in solchen Fällen nie zur Eiterung. Diese wird nur bei derjenigen Form der Entzündung beobachtet, welche durch eine schwer septische Infektion verursacht wird und häufig zur Nekrose von mehr oder weniger großen Stücken des Nerven führt.

Die chronische Neuritis entwickelt sich entweder aus der akuten, oder sie tritt von vorn herein schleichend auf.

Im ersteren Falle handelt es sich um Degenerationserscheinungen, welche der Entzündung folgen; wir finden also Paralysen, Anästhesieen, trophische Veränderungen.<sup>2)</sup>

Bei der zweiten Form beobachtet man intermittierende Schmerzanfälle, Druckempfindlichkeit des betreffenden Nerven, namentlich an den typischen Punkten, motorische Reizerscheinungen, späterhin auch Aufhebung der Schmerzempfindung, Lähmungen und Ernährungsstörungen. Die erkrankte Partie ist manchmal als ein derber, fester Strang deutlich von außen her zu fühlen. Eine Erhöhung der Körpertemperatur besteht dabei nicht.

Anatomisch charakterisiert sich die chronische Neuritis als eine mit Bindegewebsneubildung einhergehende Entzündung (N. prolifera). Der betreffende Nerv ist entweder gleichmäßig oder nur an einzelnen Stellen verdickt (N. prolifera, nodosa). Zuweilen findet man auch wirkliche Geschwülste an ihm, welche oft noch spezifische Gewebelemente enthalten (Neurome). Während nun das Bindegewebe wuchert, atrophieren die Fasern des Nerven, so daß er schließlich

---

1) Vergl. auch Ringel, Wieting, Flockemann, l. c. S. 119.

2) Vergl. Kölliker, Die Verletzungen und chirurgischen Erkrankungen der peripheren Nerven, S. 57.

in den schwersten Fällen in einen Bindegewebsstrang von weißlicher Färbung umgewandelt ist.

Auch die chronische Neuritis wurde nicht selten bei Verwundungen durch das kleinkalibrige Projektil beobachtet und zeigte hier häufig einen ascendierenden Charakter. Ihr Verlauf war sehr langwierig; zuweilen blieben dauernde Störungen zurück; meist trat allerdings auch hier unter einer zweckmäßigen Therapie völlige Genesung ein.

Als eine bedeutsame, wohl die wichtigste Komplikation der Nervenschüsse, wurde früher der Tetanus angesehen. Heute wissen wir, daß das Auftreten des Starrkrampfes an und für sich nichts mit dem anatomischen Charakter der Verletzung zu tun hat, sondern durch Mikroorganismen hervorgerufen wird, welche mit dem Projektile in den menschlichen Körper gebracht werden oder beim Liegen auf dem Schlachtfelde hineingelangen. Ueberhaupt ist der Tetanus und Trismus jetzt eine seltene Erscheinung im Felde geworden; wir selbst beobachteten ihn nur bei Wunden, welche durch Granatsplitter verursacht waren. Hier waren die Infektionskeime den Sprengstücken offenbar beim Kriechen auf dem Erdboden beigelegt worden.

Auch das Auftreten von Epilepsie nach Schußverletzungen der peripheren Nerven scheint eine große Seltenheit geworden zu sein, wenigstens ist mir aus dem südafrikanischen Feldzuge davon nichts bekannt geworden. Doch liegen eine ganze Anzahl sicher beglaubigter derartiger Fälle aus dem deutsch-französischen Kriege und anderen Feldzügen, sowie der Friedenspraxis vor, daß an der Tatsache nicht zu zweifeln ist. Die Krampfstände können ausgelöst werden einmal durch das Trauma als solches oder durch Reizung des Nerven durch steckengebliebene Fremdkörper und an der Stelle der Verletzung gebildete Geschwülste. Diese Form der Epilepsie kann zuweilen wieder zum Schwinden gebracht werden, wenn das Corpus alienum entfernt, eine Narbe oder der drückende Tumor excidiert wird. Auch spontane Heilung ist wahrgenommen worden.

Von verschiedenen Autoren ist behauptet worden, daß Tabes dorsualis als Folge von Schußverletzungen peripherer Nerven auftreten kann; der Kriegs-Sanitätsbericht 1870/71 erwähnt solche Beobachtungen. Nach dem heutigen Stande der Wissenschaft ist diese Anschauung kaum aufrecht zu erhalten. Wir erachten es wohl für möglich, daß eine Neuritis auf das Rückenmark übergreifen kann, wie dies ja auch



von experimentell erregten Entzündungen des Nerven nachgewiesen ist; doch ist nicht möglich, daß eine typische Degeneration der Hinterstänge darnach eintreten kann. Wir sind der Ansicht, daß in den berichteten Fällen die Tabes schon vor dem Trauma undiagnostiziert bestanden hat.

Dagegen ist sicher nachgewiesen worden, daß Geisteskrankheiten nach Schußverletzungen peripherer Nerven, wohl meist als Folge heftiger Neuralgien auftreten können. Bei einem von Graf behandelten Patienten schwand eine ausgebildete Manie, nachdem ein Stück des neuritisch entarteten Medianus excidiert war. Im Verlaufe des Boerenfeldzuges wurden hauptsächlich von englischer Seite traumatische Neurosen, zum Teil nach ganz unbedeutenden Nervenläsionen beobachtet. Hier entwickelten sich neben den von dem geschädigten Stamme abhängigen Symptomen die bekannten Erscheinungen hochgradiger Neurasthenie. Einzelne dieser Fälle trotzten allen therapeutischen Maßnahmen; in anderen dagegen schwanden die lokalen und allgemeinen Veränderungen oft trotz monatelanger Dauer, nachdem der Verwundete den Kriegsschauplatz verlassen oder sein Heimatland erreicht hatte. In das Gebiet dieser hysterischen Erkrankungen gehören wohl auch die Mitteilungen über das Auftreten von Chorea und Muskelpalpitationen nach solchen Traumen.

Mannigfach sind die trophischen Störungen, welche sich nach Verletzungen des Nerven entwickeln, oft, trotzdem später völlige Regeneration eintritt. Sie können jedes Gewebe des betreffenden Gliedes befallen.

Die Haut wird glänzend, blaß und ödematös, reagiert schon auf leichte Traumen mit tiefer gehenden Ulcerationen, selbst brandigen Entzündungen. Anfangs findet man eine Hypersekretion der Schweiß- und Talgdrüsen, später eine Atrophie derselben; dann wird die Epidermis trocken, spröde und schilfert leicht ab. Häufig treten Exantheme auf, Herpes zoster, Erytheme, Aknepusteln usw., welche nicht selten ihren Verlauf längs dem verletzten Nervenstamme nehmen. Auch die Anhangsgebilde der Haut beteiligen sich an der Atrophie; die Haare ergrauen, fallen aus, die Nägel werden rissig.

Die Muskulatur magert in kürzester Zeit ab; ihre kontraktile Elemente schwinden und werden durch Bindegewebe ersetzt. Schwere histologische Veränderungen, welche

die Inaktivitätsatrophie nicht in Monaten zu schaffen vermag, treten hier in Tagen ein.

Selbst die Knochen und Gelenke nehmen an diesen Störungen teil. Die ersteren werden leichter und zerbrechlicher; letztere werden von schmerzhaften Entzündungen befallen, versteifen oder veröden gänzlich.

Im Gegensatze hierzu können sich auch Hypertrophieen entwickeln, welche wahrscheinlich durch vermehrten Blutzufluß infolge der Vasomotorenlähmung bedingt sind. Hierhin gehören Verdickungen der Haut, abnormes Längenwachstum der Knochen u. a. m.

Die Prognose der Nervenschußwunden ist nach den vorhergegangenen Schilderungen von den verschiedensten Momenten abhängig, von welchen den wichtigsten der anatomische Charakter der Verletzung bildet. Am günstigsten verhalten sich Erschütterungen und leichte Quetschungen, während Kontinuitätstrennungen mit bedeutenden Defekten die schlechtesten Fälle darstellen. Doch kann auch hier noch vollständige Heilung eintreten, selbst wenn ein Stück von mehreren Centimetern Länge durch ein schräg auftreffendes Projektil fortgerissen ist. Zwischen diesen beiden extremen Formen gibt es mannigfache Uebergänge.

Bei vollständiger Zerstörung sämtlicher Fasern eines Querschnittes, sei es durch Kontusion mit Erhaltung des äußeren Zusammenhanges, sei es unter Aufhebung der Kontinuität, ist der Sitz der Verletzung von Bedeutung; je mehr zentralwärts dieselbe gelegen ist, desto länger wird auch der Weg, welchen die neugebildeten Elemente zu durchlaufen haben, bis sie an das Endorgan gelangen. Es gestaltet sich daher die Aussicht auf Wiederherstellung der Funktion bei hochgelegener Läsion weit ungünstiger, als bei peripherer.

Weiter müssen wir der Geschwindigkeit des Projektils eine große Bedeutung für die Prognose beimessen, insofern als dadurch die Schwere des Traumas beeinflußt wird. Die gewaltige Schnelligkeit des modernen Mantelgeschosses bewirkt Schädigungen der zarten Nervensubstanz, welche weit über den Angriffspunkt der Gewalt hinausgehen. Größer ist hier auch die Gefahr der Einbettung in Narbengewebe. Andererseits aber ist die Tendenz zum aseptischen Verlaufe, welche den Wunden durch das Kleinkaliber innewohnt, wieder günstig für den Heilungsprozeß.

Bemerkenswert ist noch, daß einzelne Nerven, namentlich

der Radialis und Peroneus, besonders gern von Neuritiden heimgesucht werden, wie denn auch die Wiederherstellung der Leitungsfähigkeit sehr häufig bei ihnen extrem lange ausblieb.

Eine sichere Voraussage über den endgültigen Ausgang der Schußverletzung eines Nerven ist oft trotz sorgfältiger Beobachtung nicht zu machen. Als ein günstiges Zeichen, welches aber wegen der Möglichkeit des Bestehens von Kollateralen mit Vorsicht zu verwerten ist, gilt das frühzeitige Wiedererscheinen der Sensibilität, das Auftreten von Hyperästhesien, sowie als wichtigstes prognostisches Merkmal die Rückkehr der elektrischen Erregbarkeit. Einen ungünstigen Ausblick gibt das schnelle Einsetzen der Entartungsreaktion, sowie von trophischen Veränderungen: doch ist auch möglich, daß trotzdem vollkommene Restitutio ad integrum, wenn auch erst nach Ablauf von Monaten, statt hat.

### 3. Die Therapie der Schußverletzungen der Nerven.

Die wichtigste Frage, welche wir uns bei der Behandlung der Schußwunden der Nerven vorzulegen haben, ist die, in welchen Fällen ein operativer Eingriff indiciert ist. Wären wir immer genau über den anatomischen Charakter der Verletzung unterrichtet, dann würde die Entscheidung hierüber kaum große Schwierigkeiten machen. So müssen wir zum Messer greifen, wenn die Kontinuität des Nerven zerstört und seine Enden so weit auseinandergewichen sind, daß eine Regeneration sehr unwahrscheinlich ist. Der südafrikanische Feldzug hat uns nun gezeigt, daß derartige Verletzungen durch die modernen Gewehrprojekte verhältnismäßig selten hervorgerufen werden. In der Tat kamen auch die Chirurgen der englischen Armee kaum in die Lage, Nerven wieder zusammennähen zu müssen, trotzdem sie dieselben häufig in der Idee freigelegt hatten, ihrer völligen Durchtrennung zu begegnen. Wir raten im allgemeinen daher entschieden von der primären Naht ab, selbst dann, wenn mit Wahrscheinlichkeit eine Aufhebung der Kontinuität anzunehmen ist, und schließen uns Makins an, welcher vorschlägt, hier mit operativen Eingriffen so lange zu warten, bis die Heilung des Schußkanals vollendet ist, also ungefähr 3 Wochen. Nur so ist mit einiger Sicherheit der Gefahr zu begegnen, daß der freigelegte Nerv späterhin durch Narbengewebe umwachsen und komprimiert wird.

Für die Operation bleiben somit, abgesehen von solchen Verletzungen, bei welchen der zerrissene Stamm in der Wunde frei zutage liegt, nur diejenigen Fälle übrig, in denen Druck von Knochenplittern oder Teilen des Projektils die Ursache der Lähmung resp. Anästhesie bildet. Derartige Objekte muß man natürlich so bald als möglich zu entfernen suchen, vorausgesetzt, daß man seiner Diagnose sicher ist. Zuweilen kann auch die Nagelung einer Fraktur indiziert sein, wenn der Nerv durch die Fragmente gedrückt oder gezerzt wird.

Weiter besteht kein Zweifel, daß wir unter allen Umständen dann operieren müssen, wenn sekundär während des Heilungsprozesses Neuralgien oder Lähmungen auftreten, welche auf Narbeneinbettung zu beziehen sind. Hier ist es schon gelungen, den Nerven aus der Umklammerung zu lösen und seine Leitungsfähigkeit durch Verlagerung in normales Gewebe wieder herzustellen. In anderen Fällen dagegen — wir selbst behandelten eine derartige Verletzung des Radialis durch eine Shrapnelkugel — sind die Resultate unbefriedigend, trotzdem die Operationswunde per primam heilte und der Nerv scheinbar intakt geblieben war. Wenn auch äußerlich nicht wahrnehmbar, muß hier trotzdem eine Degeneration seiner Fasern vorgelegen haben.

Liegen diese Indikationen nicht vor, so empfehlen wir mindestens 2—3 Monate zu warten; ist bis dahin keine Besserung eingetreten, so kann man sich immer noch zu einem blutigen Eingriffe entschließen. Zuweilen mag dann die Nervennaht oder Plastik nach Excision der Narbe von Erfolg begleitet sein.

Zur nicht operativen Therapie nur wenige Worte. Sie besteht anfänglich in leichter Fixation des Gliedes, welcher nach der Schließung der äußeren Wunde Massage und Elektrizität zu folgen haben. Ist gleichzeitig eine Knochenfraktur vorhanden, so kann die Uebersehung der Nervenverletzung und zu feste Umschnürung der Extremität verhängnisvoll werden.

Die Behandlung der akuten Neuritis erfordert Ruhigstellung, warme Umschläge, bei schweren Formen die subkutane Injektion von Morphinum. Bei der chronischen Neuritis sei man mit letzterer Medikation sehr vorsichtig; hier empfiehlt sich vor allem die Anwendung des galvanischen

Stromes, daneben leichte Massage, Einreibungen von Jodkalisalbe u. a.

## D. Die Schußverletzungen der Knochen und Gelenke.

### 1. Statistisches.

Tabelle 1.

Häufigkeit der Knochenverletzungen  
(verglichen mit der Gesamtzahlzahl der Schußverletzungen).

Unter 100 Schußwunden befanden sich Knochenverletzungen:

in der Krim	1. Bei den Engländern . . . . .	21,3:
	2. Bei den Franzosen . . . . .	20,3:
1870/71 in der deutschen Armee . . . . .		23,2:
1898/1901 in dem amerikanischen Heere (Kämpfe auf Kuba und den Philippinen) . . . . .		23,1.

Aus dieser Tabelle ergibt sich, daß trotz der Verringerung des Kalibers die Zahl der Knochenverletzungen annähernd dieselbe geblieben ist; die Verkleinerung des Querschnittes der Projektile wird ausgeglichen durch ihre größere Durchschlagskraft.

Tabelle 2.

Häufigkeit der Verletzungen der Knochen und Gelenke  
(verglichen mit der Gesamtzahl der Knochenverletzungen).

Unter 100 Knochenwunden befanden sich Verletzungen

	der langen Röhren- knochen der Extremitäten	der großen Gelenke	der platten und kurzen Knochen
1870/71 in der deutschen Armee . . . . .	61,9	17,7	19,4
1898/1901 in dem amerikanischen Heere . . . . .	71,26 (957 Fälle)	13,78 (185 Fälle)	14,96 (201 Fälle außer Rippen).

Auch diese Tabelle zeigt, ebenso wie es ein Vergleich der Schußwunden aus noch weiter zurückliegenden Feldzügen tun würde, wie wenig sich die Verteilung der Verletzungen trotz der Einführung vervollkommneter Waffen und der Annahme einer anderen Gefechtsweise geändert hat.



Obwohl nun die Anzahl der Wunden an den oberen Extremitäten etwas hinter derjenigen der unteren Gliedmaßen zurückbleibt, so werden doch an den ersteren mehr Knochenbrüche beobachtet, als an den letzteren, eine Wahrnehmung, welche auf die große Häufigkeit der Finger- und Handfrakturen zurückzuführen ist. Dagegen gibt es ungefähr ebensoviel Gelenkverletzungen an der oberen Extremität, wie an der unteren.

## 2. Die Verletzungen der verschiedenen Knochenkategorien.

Die Form, unter welcher die Verletzung auftritt, hängt von verschiedenen Faktoren ab, von denen neben dem Härtegrade des getroffenen Knochens die lebendige Kraft des Projektils sein Querschnitt und der Winkel, unter welchem es aufschlägt, die wichtigsten sind. Nur wenn man diese Punkte berücksichtigt, lassen sich die einzelnen Typen erklären und verstehen.

### I. Die Verletzungen der Diaphysen der langen Röhrenknochen.

#### a) Die Verletzungen der Diaphysen ohne Aufhebung ihrer Kontinuität.

##### $\alpha$ ) Die Quetschungen des Knochens.

Nach der Ansicht mancher Autoren, insbesondere R. Köhlers,<sup>1)</sup> gibt es eine Erschütterung des Knochens, welche äußerlich nicht sichtbar ist und auf einer Verschiebung der Moleküle beruht. Auch bei einzelnen englischen Kriegschirurgen spielt diese *Commotio* ohne anatomisch nachweisbares Substrat eine große Rolle. Wenn wir auch zugeben wollen, daß eine solche Verletzung vorkommen mag, so glauben wir doch nicht, daß dieselbe von irgend welcher Bedeutung für den festen und widerstandsfähigen Knochen ist.

Dagegen stellten die Quetschungen der Diaphysen früher nicht seltene und gut studierte Läsionen dar. Ueber ihre absolute Häufigkeit läßt sich allerdings schwer ein Urteil gewinnen, da in diese Kategorie auch wohl Fissuren, welche sich der Untersuchung entzogen, Rinnenschüsse usw. gerechnet worden sind. Während des amerikanischen Bürgerkrieges

---

1) l. c. S. 573.

sind angeblich 814 solcher Verletzungen beobachtet worden. Nach Berthold<sup>1)</sup> befanden sich unter 1804 Invaliden des 10. Armeekorps  $314 = 17,0\%$  mit Knochenkontusionen. Die letztere Ziffer war wohl zu hoch gegriffen. Mit der Einführung der kleinkalibrigen, perkussionskräftigen Projektile ist die Quetschung der Diaphysen ein so seltenes Ereignis geworden, daß aus dem südafrikanischen Feldzuge überhaupt keine Mitteilungen hierüber gemacht sind. Ebenso haben wir selbst nur einen Fall beobachten können.

Eine Kontusion wird hervorgerufen durch matte Gewehr- und Geschützprojekte, welche nicht mehr die Kraft besitzen, den Knochen einzubrechen, oder solche, welche unter einem spitzen Winkel auf besonders feste Abschnitte desselben auftreffen. Je leichter sich das Geschöß staucht, je größer der Raum ist, auf welchen sich sein Stoß verteilt, desto eher entsteht *ceteris paribus* eine bloße Quetschung der Diaphyse ohne Fraktur. Daher ihre Häufigkeit bei den alten Bleiprojektilen, bei Shrapnellfüllkugeln, sowie den Sprengstücken der Granaten, denen nur geringe lebendige Kraft innewohnt. Ebenso begegnen wir der Kontusion öfter an härteren Knochen, wie der Tibia, Femur, Mandibula, als an dem Radius, der Ulna, der Clavicula. Ein Geschöß, welches die letzteren noch zu zerbrechen vermag, bringt an der widerstandsfähigen *Linea aspera* oder der vorderen Schienbeinkante unter Umständen nur eine Quetschung hervor.

Zur Erzeugung derselben ist keineswegs immer die Perforation der Weichteile, ein direktes Auftreffen des Geschosses auf dem Knochen erforderlich; häufig wird nicht einmal die Haut durchbohrt. Ja, ich sah eine sehr schmerzhaft Quetschung eines Metatarsus durch eine platt gedrückte Shrapnellkugel, ohne daß der Stiefel zerrissen war.

Beide Formen der Kontusion, die direkte, durch unmittelbare Berührung mit dem Projektile veranlaßt, und die indirekte unterscheiden sich nur wenig in ihrem Aussehen von einander. Bei der ersteren ist das Periost meist zerrissen; bei der zweiten dagegen intakt, dabei ebenfalls durch größere oder kleinere, umschriebene oder diffuse Blutergüsse vom Knochen abgehoben und sugilliert. Die Rindensubstanz ist fast immer unversehrt und zeigt nicht selten Abdrücke des Geschosses in Gestalt von Bleimarken oder metallisch

---

1) Fischer, l. c. S. 97.

glänzenden Streifen. Die zarten Bälkchen der Spongiosa sind häufig mehr oder minder weit zerstört oder durch Blutergüsse auseinandergedrängt, das Mark zuweilen in einen weicheren Brei von rötlicher Färbung verwandelt oder von zahlreichen hämorrhagischen Herden durchsetzt. Nach Muron<sup>1)</sup> kann man in extremen Fällen sogar die Markhöhle benachbarter Knochen derartig verändert vorfinden.

Die Symptome der Kontusion variieren nach ihrem Charakter. In leichteren Fällen fühlte der Verwundete im Momente der Verletzung einen Schlag gegen den Knochen und vermochte auf einige Zeit das betreffende Glied nicht zu bewegen. Bald war er dazu wieder imstande, wenn auch unter Schmerzen; die Wunde heilte, falls keine schwere Infektion hinzutrat, in gewöhnlicher Weise; kaum daß späterhin leichte Verdickungen der oberflächlichen Kortikalisschichten dem aufmerksamen Untersucher die Stelle des Traumas kenntlich machten.

In den schweren Formen der Quetschung beobachtet man, zuweilen neben den Erscheinungen allgemeinen Shokes, meist ausgesprochene lokale Störungen, Anästhesieen und Parästhesieen, starke Schmerzhaftigkeit, Schwere und Lähmung der verletzten Extremität. Bei oberflächlicher Lage der Diaphyse kann man unter Umständen auch die Blutansammlung unter dem Perioste als druckempfindlichen Tumor fühlen. Endet der Schußkanal blind, so sieht man im Röntgenbilde das Projektil auf dem Knochen liegen oder von seiner Bahn abgelenkt seitlich davon, öfters gedreht, deformiert, plattgedrückt. Ist ein Ausschuß vorhanden, so zeigt seine abnorme Größe, daß das Geschloß den Körper in Querstellung oder gestaut verlassen hat.

Der Verlauf und die Prognose der Kontusion sind davon abgänglich, ob Infektion erfolgt oder nicht. Im ersteren Falle resorbieren sich die Blutergüsse, und das Periost legt sich wieder an den Knochen an; es tritt entweder vollständige restitutio ad integrum ein, oder es entwickeln sich geringfügige Wucherungen, welche für die Funktion des Gliedes von keiner Bedeutung sind.

Bleibt die Wunde jedoch nicht aseptisch, wie so häufig gerade bei Verletzungen durch grobes Geschütz, so kommt es zu einer Periostitis suppurativa, welche bald oberflächliche,

---

1) Bull. Soc. biologie, 1872.

bald tiefere Nekrosen im Gefolge hat (Fig. 24). Persistiert die Eiterung sehr lange, so findet man um die abgestorbene Partie häufig sehr lebhafte Knochenneubildung, welche ähnlich wie an Amputationsstümpfen oft seltsame, Stalaktiten gleichende Bildungen zeigt.

Den ungünstigsten Ausgang stellt es dar, wenn sich im Anschlusse an die Quetschung der Diaphyse eine eitrige Osteomyelitis entwickelt, ein Ereignis, welches zuweilen

Fig. 24.



Nekrose des Femur nach Kontusion durch ein 18 mm Bleigeschoß.  
(Stromeyersche Sammlung, K.-W.-A.)

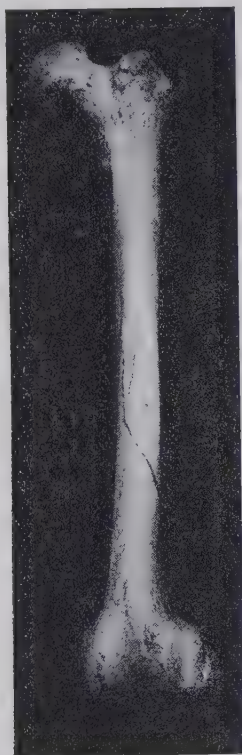
sogar beobachtet wurde, trotzdem der Weichteilkanal reaktionslos vernarbt war. Die Infektion der in der Markhöhle befindlichen Blutergüsse ist jedoch ein äußerst seltener Vorgang; die Regel bildet die anstandslose Resorption derselben, allerdings häufig gefolgt von sklerosierenden Prozessen.

### β) Die Fissuren in den Diaphysen.

Isolierte Fissuren in den Diaphysen sind sehr selten und wurden früher ganz geleugnet. Ihre Existenz wurde

zuerst im Anfange des vorigen Jahrhunderts durch Leveillé bewiesen, welcher ein Präparat davon der Pariser medizinischen Fakultät vorlegte; späterhin sind derartige Beobachtungen auch von deutscher Seite, u. a. von Waldeyer und H. Fischer gemacht worden.

Fig. 25.



Isolierte Fissurenbildung im Femur (8 mm Stahlmantel).  
(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

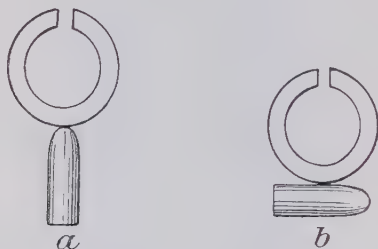
Die Bildung von Sprüngen im Knochen nach Schüssen mit dem heutigen Gewehrprojektilen ohne jede weitere Verletzung ist am Lebenden bis jetzt noch nicht beschrieben worden; doch beweisen die Experimente die Möglichkeit



dieses Ereignisses. So zeigt Fig. 25 zwei isolierte Fissuren in einem Femur, welcher von einem 8 mm-Geschosse getroffen war. Wahrscheinlich sind derartige isolierte Risse meist unerkannt geblieben.

Gleich der Kontusion entstehen sie einmal bei geringer lebendiger Kraft des Projektils und zweitens bei tangentialem Auftreffen desselben. Im ersten Falle (Fig. 26a) ist der Mechanismus meist folgender:<sup>1)</sup> Das Geschöß trifft die Diaphyse mehr oder weniger senkrecht und nähert nun die vordere Peripherie der hinteren. Dadurch verkleinert sich der sagittale Durchmesser des Knochens,

Fig. 26.



Schema zur Erklärung der Entstehung der hinteren Längsfissur.  
(Nach Delorme.)

während der quere zunimmt. Wird die Elastizitätsgrenze überschritten, so springt der Ring, meist gerade gegenüber der Aufschlagsstelle des Projektils (hintere Längsfissur), in anderen Fällen an Punkten, welche sich durch besondere Schwäche auszeichnen. Immer verlaufen die so entstehenden Risse longitudinal und sind häufig zu zweien oder mehrfach vorhanden.

In derselben Weise können beim tangentialen Auftreffen des Geschosses gleichfalls in der Längsrichtung ziehende Sprünge durch Ueberdehnung des transversalen Durchmessers zustande kommen (Fig. 26b). Dagegen werden die queren und schrägen Risse meist durch Biegung, die letzteren zuweilen auch durch Torsion verursacht (Fig. 25).

<sup>1)</sup> Vergl. Bornhaupt, Ueber den Mechanismus der Schußfrakturen der großen Röhrenknochen. Langenbecks Archiv, 1881.

Die Fissuren sind die Vorläufer einer vollständigen Kontinuitätstrennung des Knochens und rufen die letztere durch ihre Konfluenz hervor. Wir werden auf den Mechanismus ihrer Entstehung bei Besprechung der Schußfrakturen noch genauer eingehen.

In den bis jetzt beobachteten Fällen fand man meist mehrere Sprünge, die schräg- und längsverlaufenden häufig durch quere verbunden. Bald reichen sie nur durch die oberflächlichsten Knochenlamellen, bald durchsetzen sie die ganze Kompakta. Das Periost ist über ihnen meist zerrissen und hämorrhagisch infiltriert, zuweilen in weiter Ausdehnung von der Kortikalis abgehoben.

Die Diagnose dieser Verletzungen ist nicht mit Sicherheit zu stellen: selbst die Röntgenstrahlen lassen uns in der Regel hierbei im Stiche. Als Merkmale einer Fissur gelten der eirkumskripte Druckschmerz, die gestörte Funktion des Gliedes, sowie Anzeichen einer Ablenkung des Projektils von seinem Wege im Körper oder eine Stauchung des Geschosses. Auch wurde zur Erkennung des Sprunges die Perkussion empfohlen. Für die Therapie ist es kaum von entscheidender Bedeutung, ob ein Riß im Knochen unentdeckt bleibt.

Meist heilen die Fissuren im Verlaufe kurzer Zeit so ideal, daß es später kaum möglich ist, irgend eine Abnormität zu finden, vorausgesetzt, daß die Weichteilwunden nicht infiziert wurden. Sobald dies der Fall ist, drohen Periostitis, Osteomyelitis, selbst Vereiterung der Nachbargelenke, wenn die Sprünge bis hier hineinreichen, mit ihren Gefahren.

### γ) Die Rinnenschüsse der Diaphysen.

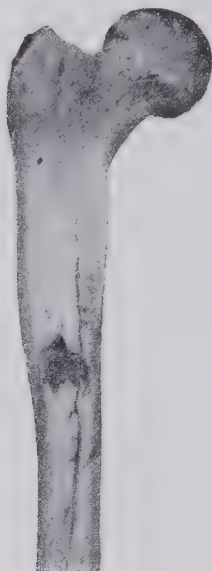
Rinnenschüsse der Diaphysen ohne jede weitere Verletzung sind sehr selten, wurden aber auch bei Verwundungen durch das kleinkalibrige Gewehrprojektil beobachtet. So sah ich bei Gelegenheit einer zur Blutstillung vorgenommenen Operation aus der Peripherie des Humerus ausgestanzt einen 2—3 mm tiefen, 4 mm breiten Defekt, ohne daß sich ein Sprung im Knochen befand, und seine Kontinuität unterbrochen war.

Derartige Fälle bilden jedoch nur die Ausnahme; meist findet man daneben noch Fissuren, welche entweder von der Furche ausgehen oder damit in gar keinem Zusammenhang stehen. Die Genese und Anordnung dieser Sprünge ist genau dieselbe, wie bei den vollständigen Kontinuitätstrennungen. So

haben wir Schmetterlings- und Keilformen, spiralg, schräg, quer- und längslaufende Risse, die entstanden sind durch Biegung, Torsion oder Dehnung des Knochenringes.

Wir unterscheiden die oberflächlichen von den tiefen Rinnenschüssen. Bei jenen bleibt die Markhöhle geschlossen, bei diesen wurde sie eröffnet. Die erstere Gruppe ist weit- aus die zahlreichste, sie wird hervorgerufen sowohl durch

Fig. 27.



Rinnenschuß des Femur. 8 mm Stahlmantel, 2000 m Distanz.  
(Kriegschirurg. Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

Infanterie- als auch durch Artilleriegeschosse (Fig. 28), durch langsame und schnelle Projektile.

Die Aufschlagstelle des Geschosses präsentiert sich in verschiedener Weise. Zuweilen sieht man nur eine Abplattung der Kortikalis, eine Impression, ohne daß ein Verlust an Substanz stattgefunden hat: in anderen Fällen wieder findet man eine Furchen, welche einem Defekte in der Kompakta entspricht und sich gegen den Ausschuß zu verbreitert. Sie ist nur selten scharf gegen ihre Umgebung abgesetzt: in der

Regel nimmt man an ihren Rändern oberflächliche Substanzverluste wahr, welche durch Konfluenz von Fissuren und Ablösung der so entstandenen Knochensplitter verursacht werden. Einzelne der letzteren, insbesondere die nach dem Einschusse zu gelegenen, haften noch fest auf ihrer Grundlage, während andere in die Weichteile verstreut sind.

Fig. 28.



Rinnenschuß der Humerusdiaphyse mit Fissurierung. Granatsplitter.  
(Kriegschirurg. Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

Je voller nun das Geschöß auftritt, desto tiefer wird natürlich die von ihm herausgeschlagene Furche (Fig. 29 u. 30), desto erheblicher im allgemeinen auch seine Wirkung auf die ganze Diaphyse, da ja gleichzeitig die Angriffsfläche der Gewalt gewachsen ist. Dann kann man oft kaum noch von einem Rillenschusse sprechen: so bedeutend werden die Zerstörungen. Ein großer Teil der Knochenwandung wird durch das Projektil herausgebrochen, und man findet in der Ausschußstrecke die zertrümmerten Reste meist in Gestalt eines großen dreieckigen und vieler kleiner Splitter (Fig. 31). In

den extremsten Fällen bleibt nur noch eine schmale Spange von der ganzen Peripherie erhalten.

Die sichere Erkennung dieser Verletzung ist zuweilen überhaupt nicht möglich, häufig gibt uns aber auch das Röntgenbild vollständigen Aufschluß (Fig. 32). In manchen Fällen ist die Furche dem Auge direkt zugänglich, dann, wenn

Fig. 29.



Tiefer Rinnenschuß des Femur. 11 mm Chassepot.  
(v. Volkmannsche Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

der Knochen, wie die vordere Tibiakante, direkt unter der Haut liegt; doch gilt dies kaum für Verwundungen durch kleinkalibrige Gewehrprojektile, da hier die äußeren Oeffnungen zu klein sind. Wir selbst diagnostizierten zwei mal einen Rinnenschuß bei erhaltener Kontinuität der Diaphyse aus der Exfoliation von Sequestern.

Eine derartige Störung des Heilungsprozesses ist früher häufig beobachtet worden, so daß sie von



H. Fischer als die Regel hingestellt wurde. Auch bei Anwendung des modernen Mantelgeschosses ist das Eintreten einer Nekrose an der Schußrinne nicht selten; der Grund hierfür liegt in der größeren Infektionsgefahr der Streifschüsse. Doch sind selbst bei Eröffnung der Markhöhle kaum ernstere Komplikationen zu befürchten.

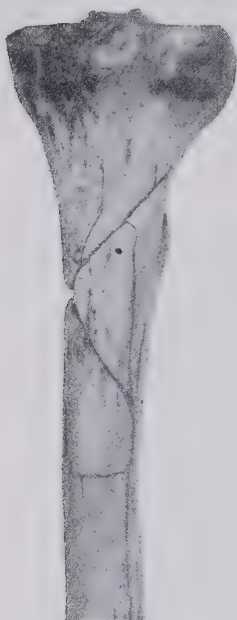
Fig. 30.



Tiefer Rillenschuß der Tibia. 8 mm Stahlmantel. 1350 m Distanz.  
(Kriegschirurg. Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

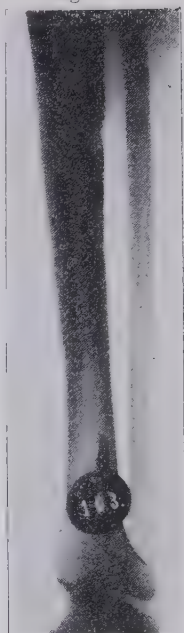
Bei aseptischem Verlaufe der Verletzung füllt sich der entstandene Defekt sehr bald durch Kallusmassen, sodaß späterhin nichts mehr von ihm wahrzunehmen ist. Tritt Eiterung ein, stirbt ein Teil des Knochens ab, so produziert das Periost bleibende Wucherungen, welche nachträglich Beschwerden machen können.

Fig. 31.



Rinnenschuß mit Fissurierung.  
(Aussprengung eines dreieckigen  
Splitters und ausgedehnte Sprung-  
bildung. — Kontinuität erhalten.)  
8 mm Stahlmantel. 200 m Distanz.

Fig. 32.



Rinnenschuß der Tibia.  
8 mm Stahlmantel.  
1600 m Distanz.

(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

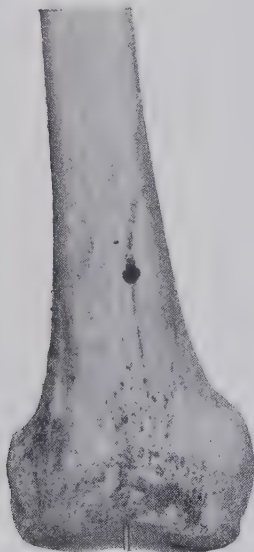
#### δ) Die Lochschüsse der Diaphysen.

Die Lochschüsse der Diaphysen mit erhaltener Kontinuität gehören zu den allerseltensten Verletzungen; ihr Vorkommen wurde sogar von verschiedenen Autoren bezweifelt. Doch gibt es aus früheren Feldzügen einige von zuverlässigen Kriegschirurgen herrührende Beobachtungen, welche die Existenz dieser Läsion sicher stellten. In den geschilderten Fällen soll es sich meist um sehr zarte Individuen gehandelt haben, deren Knochen dünn und grazil waren. Je schwächer die Diaphyse ist, desto weniger Widerstand leistet sie auch dem andringenden Projektil, desto geringer werden die Zerstörungen. So stellten Lochschüsse an den weichen

Knochen der Hämmer sehr häufige Befunde dar, während sie beim Pferde kaum vorkamen.

Bevor im größeren Stile Erfahrungen im Ernstfalle gemacht wurden, erschien es zweifelhaft, ob das moderne kleinkalibrige Projektil sich ebenso verhalten würde, wie das ältere Bleigeschoß; es wurde viel darüber diskutiert, ob hierbei überhaupt ein Diaphysenlochschoß möglich sei. v. Bruns

Fig. 33.



Lochschoß der Femurdiaphyse. 6 mm Stahlmantel. 2000 m Distanz.  
(Kriegschirurg. Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

hatte zwei mal bei seinen Versuchen einen derartigen Befund zu verzeichnen gehabt; doch waren seine Beobachtungen nicht völlig beweiskräftig, da dieser Autor mit abgebrochener Ladung experimentiert hatte. Kocher hatte dasselbe Ergebnis bei einem Schusse auf entmarkten Knochen. Absolut einwandfrei war nur ein Präparat der Medizinalabteilung des Preußischen Kriegsministeriums, welches Figur 33 wiedergibt; es stammt von Versuchen mit einem 6 mm-Stahlmantelgeschosse.

Der südafrikanische Feldzug hat nun gezeigt, daß diese Verletzungen zwar recht selten sind, aber auch beim kleinkalibrigen Gewehrprojektil beobachtet werden können. So

Fig. 34.



Lochschuß der Radiusdiaphyse. Feldhaubitzengranate. 2000 m Distanz.  
a) Einschußseite. b) Ausschußseite.  
(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

sah ich zwei Lochschüsse der Tibia; Makins fand sie am Schienbeine, Femur, Clavicula u. a.

Sie werden durch Infanterie- oder auch Artillerie-

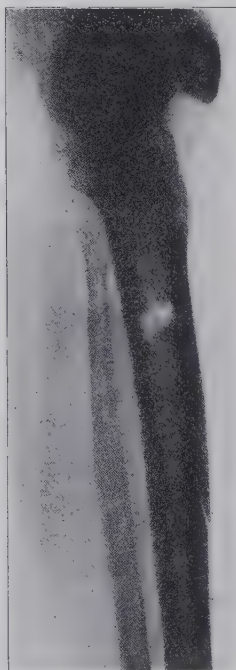
geschoss (Fig. 34) verursacht, welchen nur eine geringe lebendige Kraft innewohnt.

Die Einschußöffnung im Knochen ist hier meist scharfrandig, rund, mehr oder weniger dem Kaliber des ver-

Fig. 35.



Fig. 36.



Lochschuß der Fibuladiaphyse.  
Blinder Schußkanal.

Lochschuß der Fibuladiaphyse.  
Fraktur der Fibula.

8 mm Stahlmantel. 1350 m Distanz.

(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

wandten Projektils entsprechend, der Ausschuß dagegen größer und unregelmäßiger. Ohne Fissurenbildung geht es wohl niemals ab (vergl. die Abbildungen); öfters werden



selbst größere Splitter aus der hinteren Knochenwand herausgerissen und in die Weichteile verstreut, ohne daß eine vollständige Fraktur vorhanden ist.

Zuweilen beobachtet man auch blinde Schußkanäle in den Diaphysen, an deren Ende dann die Kugel steckt; sie kommen, wie Figur 35 zeigt, selbst beim Kleinkaliber vor, ohne daß eine weitere Veränderung am Knochen vorliegt. Bleiprojektile, welche früher verhältnismäßig häufig die Ursache für diese Verletzung abgaben, werden durch den Stoß auf die Kortikalis meist stark gestaucht und gehen mit ihr mitunter innige Verbindungen ein. Nach Richter<sup>1)</sup> können auch winklig abgeknickte Kanäle durch Ablenkungen deformierter Geschosse aus ihrer ursprünglichen Bahn hervorgerufen werden. Die Ränder des Knocheneinschusses sind meist deprimiert; in seiner Umgebung finden sich häufig Fissuren. Auch die hintere, undurchbohrte Diaphysenwandung ist nicht selten von zahlreichen Sprüngen durchsetzt, welche durch den Anprall der Kugel entstanden sind.

Die Diagnose eines Lochschusses der Diaphyse ist nicht immer mit absoluter Sicherheit zu stellen; sie wird jedoch meist durch das Röntgenbild geklärt, wenn auch keineswegs stets nach allen Richtungen hin so, wie es Figur 36 zeigt. Meist sieht man innerhalb des Knochens nur einen helleren Schatten, welcher den Verlauf des Schußkanals angibt. Nimmt man dazu die Richtung, in welcher das Projektil das Glied durchsetzte, so wird allerdings jeder Zweifel schwinden.

Auch wenn man keine X-Strahlen zur Hand hat, wird man fast immer in der Lage sein, wenigstens bei Verwundungen durch die modernen, perkussionskräftigen Geschosse aus dem Sitze der äußeren Hautöffnungen, den fehlenden Fraktursymptomen bei vorhandener Knochenschmerzhaftigkeit und erhaltener Funktion die Diagnose zu stellen.

Handelt es sich um blinde Schußkanäle, an deren Ende die Kugel liegt, so bedarf man allerdings zur Aufklärung des Falles stets des Röntgenbildes.

Der Verlauf dieser Verletzungen bietet nur wenig Bemerkenswertes. Bleibt die Infektion aus, so organisiert sich der Bluterguß, das Bindegewebe wird späterhin durch Kallus-

---

1) Richter, Chirurgie der Schußverletzungen, I. Bd.

massen ersetzt. Zurückgebliebene Geschosse oder ihre Teile heilen reaktionslos ein.

Tritt dagegen Eiterung ein, so kommt es meist zur Nekrose und Abstoßung von Sequestern, sodaß der Heilungsprozeß sehr verzögert wird. Allmählich reinigt sich aber auch hier der Schußkanal und schließt sich durch Granulationsbildung. Schon in früheren Feldzügen wurde bei den Lochschüssen der Diaphysen trotz Eröffnung der Markhöhle nur selten die Komplikation mit Osteomyelitis, Septikämie und anderen Wundkrankheiten beobachtet, es sei denn, daß gleichzeitig trotz der erhaltenen Kontinuität des Knochens eine ausgedehnte Splitterung bestand.

## b) Die Schußverletzungen der Diaphysen mit Aufhebung ihrer Kontinuität.

### α) Die einzelnen Formen der Frakturen.

#### 1. Die einfachen Frakturen ohne Splitterung.

Einfache Frakturen ohne Splitterung sind früher anatomisch nur selten nachgewiesen worden, wohl deswegen nur, weil sie meist günstig verliefen und nur selten zur Autopsie kamen. Seitdem wir aber in ausgedehnter Weise Schießversuche auf Leichen anstellten, seitdem unsere Diagnostik in vivo durch Röntgen einen ungeahnten Aufschwung genommen, findet man nicht selten solche Verletzungen. Sie treten allerdings bei den Verwundungen durch die modernen Handfeuerwaffen sehr in den Hintergrund gegenüber den Splitterbrüchen, da sie ihre Genese meist matten Geschossen verdanken. Doch kommen sie auch zustande durch das tangentielle Auftreffen von Projektilen, welchen noch eine größere lebendige Kraft innewohnt.

Wir können ebenso wie in der Friedenspraxis die einfachen Frakturen auf verschiedene Formen zurückführen, nämlich auf Quer-, Schräg-, Längs- und Spiralbrüche.

Genaueren Aufschluß über den Mechanismus der Entstehung dieser einzelnen Typen verdanken wir Bornhaupt,<sup>1)</sup> welcher die reichhaltige Reyhersehe, aus dem letzten russisch-türkischen Kriege stammende Sammlung von Präparaten

---

1) l. c.

genau studiert und zu ihrer Erklärung zahlreiche experimentelle Untersuchungen angestellt hatte.

Wird die Diaphyse durch eine matte Kugel, welche nicht mehr die Kraft hat, die vordere Wandung zu durchbohren,

Fig. 37.



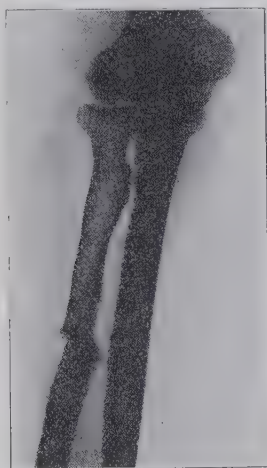
Querbruch der Femurdiaphyse. 8 mm Stahlmantel. 200 m Distanz.  
(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

unter einem rechten Winkel in der Längsrichtung getroffen, so erleidet die Knochenröhre als Ganzes eine Veränderung, welche häufig zu einem Bruche führt. Unter Umständen verhält sich so die Diaphyse dem Geschoße gegenüber wie

ein Stab, welcher in seiner Längsachse geknickt wird; es resultiert nun ein Querbruch. Auch durchschlagskräftige Projektile können einen solchen hervorrufen, dann, wenn sie nur mit einem geringen Teil ihrer lebendigen Kraft einzuwirken vermögen, d. h. wenn sie tangential auftreffen. So zeigt uns Figur 37 eine transversale Fraktur des Femur, welche durch ein ihn eben streifendes 8 mm-Mantelgeschoß verursacht worden war.

Ist Unterschenkel oder Vorderarm getroffen, so kann sogar ein von der Verletzung des einen Knochens her-

Fig. 38.



Querbruch des Radius. 6 mm Stahlmantel.  
(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

rührender Splitter einen queren Bruch des anderen hervorbringen, wie aus den Beobachtungen von Bornhaupt und Delorme<sup>1)</sup> hervorgeht.

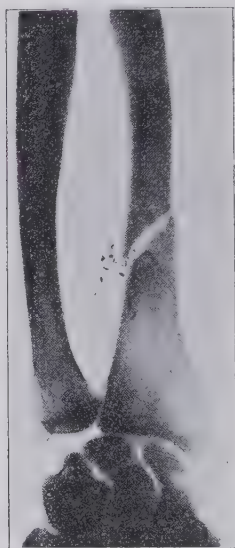
Trifft das Projektil in schiefer Richtung auf, so entsteht unter denselben Bedingungen eine schräge Fraktur (Fig. 39).

Wie nun Bornhaupt nachwies, verhält sich die Knochenröhre unter Umständen auch der Kugel gegenüber wie ein Ring, welchen man von den entgegengesetzten Seiten aus

1) *Traité de chirurgie de guerre*. Bd. 2, S. 22.

zusammenpreßt. Solche Ringe platzen, der Verteilung von Druck und Zugspannung entsprechend, in vier gleich große Stücke. Da jedoch die Diaphyse keinen Hohlzylinder von gleichmäßiger Struktur und Stärke darstellt, ist eine regelmäßige Anordnung der Sprünge sehr selten; meist findet man nur einen Riß in der der Aufschlagsstelle des Projektils entgegengesetzten Wandung, die sogenannte hintere Längs-

Fig. 39.



Schrägbruch des Radius. 8 mm Hohlspitzengesehoß. 300 m Distanz.  
(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

fissur (Fig. 26a), zuweilen auch deren mehrere an den schwächsten Stellen des Knochens.

Schon Stromeyer und Esmarch war bekannt, daß bei den Verletzungen durch die älteren Bleiprojektile die Sprünge sehr selten von der Diaphyse in die Epiphyse hineinverlaufen, von dem dichteren in das dünnere Medium, daher bildet ebenso wie in der Friedenspraxis die komplette Längsfraktur eine Rarität. Doch gibt es auch solche. Einen interessanten derartigen Fall schildert der Kriegs-

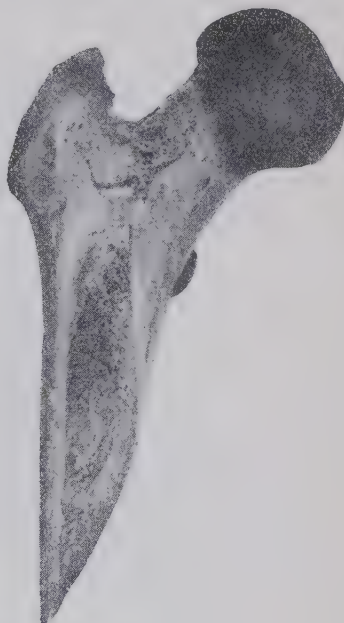


Sanitätsbericht 1870/71.<sup>1)</sup> Hier war die Kugel in die Nähe des Schultergelenkes eingedrungen, hatte den Humerus seiner ganzen Länge nach in drei Stücke gespalten und war schließlich im Ellenbogengelenke sitzen geblieben. Erst durch die Sektion des an Ruhr gestorbenen Mannes konnte die Natur der Läsion festgestellt werden.

Fig. 40.



Fig. 41.



Torsionsbrüche des Femur. 11 mm Chassepot.  
(v. Volkmannsche Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

Die letzte Form der einfachen Frakturen ohne Splitterung, der Spiralbruch, entsteht durch Torsion. Die Kugel, welche nicht mehr die vordere Diaphysenwandung zu durchbohren vermag, wird aufgehalten und bewegt den Knochen in der Richtung ihrer Flugbahn, sie dreht ihn also um seine Längsachse. Beispiele hiervon geben uns Figur 40 und Figur 41.

1) Kriegssanitätsbericht, III A, S. 8.

welche der Volkmannschen Sammlung entstammen, außerdem Figur 42, eine Verletzung, die von einem kleinkalibrigen Gewehrprojektil herrührt.

Die hier geschilderten Frakturformen kommen auch bei den modernen Geschossen an allen Diaphysen vor, hauptsächlich jedoch am Femur. Meist erfolgt die Trennung der Kontinuität am Orte der Gewalteinwirkung, zuweilen

Fig. 42.



Torsionsbruch der Tibiadiaphyse. 8 mm Mantelgeschöß.  
(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

aber weit davon entfernt. In die Kategorie dieser Verletzungen gehören auch die doppelten Brüche, deren Existenz früher ganz geleugnet wurde. Man nahm in solchen Fällen an, sie seien hervorgerufen durch ein zweites Trauma, entweder durch einen Prellschuß, welcher auf der äußeren Haut keine Spuren hinterlassen hatte, oder durch den Sturz des Verwundeten auf den Boden. Zahlreiche Beobachtungen haben jedoch ihr vereinzeltes Vorkommen erwiesen.

Fig. 43.



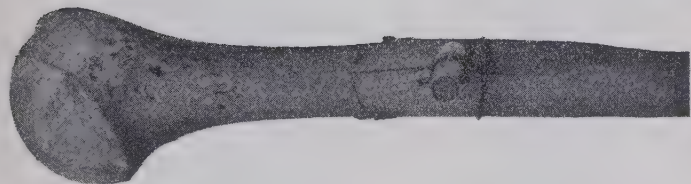
Splitterfraktur d. Femur-  
diaphyse mit Querbruch  
oben. 8 mm Stahlmantel.

Fig. 44.



Lochschuß der Femurdiaphyse  
mit Schrägbruch. 11 mm Blei.

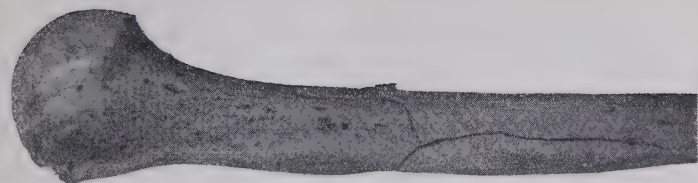
Fig. 45 a.



Vorderseite.

T-Bruch des Humerus.  
Doppelfrakturen durch ein einziges Geschloß verursacht.

Fig. 45 b.

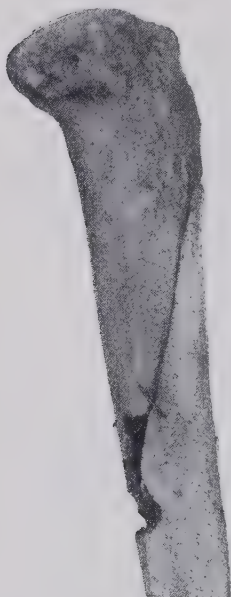


Rückseite.

8 mm Stahlmantel.

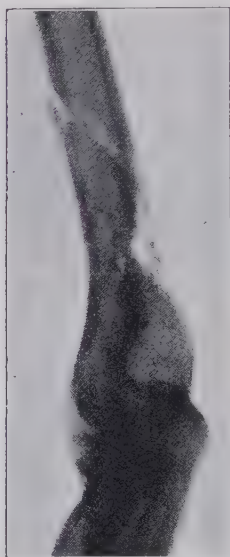
Wir sahen sie in allen möglichen Kombinationen, so Splitterfrakturen an der Aufschlagsstelle des Projektils, entfernt davon einen Querbruch (Fig. 43), Lochschuß der Diaphyse mit Schrägfraktur oberhalb (Fig. 44), Rinnenschuß des Femur mit Torsionsbruch proximalwärts (v. Volkmannsche Sammlung), schließlich am Humerus eine vordere und hintere

Fig. 46.



Rillenschuß der Tibiadiaphyse  
mit Schrägbruch.  
6 mm Stahlmantel. 1600 m Distanz.

Fig. 47.



Rinnenschuß der Humerusdiaphyse  
mit Schrägbruch.  
6 mm Stahlmantel. 200 m Distanz.

Längsfissur, welche entfernt vom Orte der Gewalteinwirkung in eine Querfraktur ausliefen (T-Bruch Fig. 45).

Sehr häufig ist ein ausgesprochener Rillenschuß mit einer dieser einfachen Bruchformen kombiniert (Fig. 46 u. 47).

## 2. Die Splitterfrakturen der Diaphysen.

Sie stellen, wie schon erwähnt, die gewöhnliche Form dar, unter welcher die Diaphyse eines langen Röhrenknochens

auf einen Schuß mit einem modernen, durchschlagskräftigen Projektilen reagiert. Eine geringe Splitterung findet man allerdings sehr häufig auch bei einer einfachen Fraktur, wenn ich diese Bezeichnung dann noch gebrauchen soll; doch tritt sie dabei ganz in den Hintergrund.

Fig. 48.



Schmetterlingsfraktur der Humerusdiaphyse.

a) Vorderseite. b) Rückseite.

8 mm Stahlmantel. 600 m Tangentialschuß.

(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

Die typische Bruchform, aus welcher sich die meisten anderen ohne Schwierigkeit ableiten lassen, ist, wie zuerst Bornhaupt aus Kiew nachwies, die Schmetterlingsfraktur.



Hier verlaufen von der Aufschlagsstelle des Projektils aus je zwei Schrägfißuren proximal und distalwärts gegen den lateralen und medialen Knochenrand (Fig. 49a u. 50a), um konvergierend sich auf der Rückseite in einem einzigen Längssprunge (Fig. 48b u. 49b) oder seltener einem Punkte

Fig. 49.



Schmetterlingsfißuren der Femurdiaphyse.

a) Vorderseite. b) Rückseite.

8 mm Stahlmantel. 100 m Tangentialschuß.

(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie).

zu vereinigen. So wird die Diaphyse in vier Stücke getrennt, in zwei pallisadenförmig zugespitzte Bruchenden und zwei dreieckige oder rautenförmige, große, seitliche Splitter.

Wenn wir über die Genese dieser Bruchform Klarheit gewinnen wollen, so müssen wir zuerst beachten, daß sie

auch ohne Perforation der Knochenwand beobachtet wird (Fig. 49) und experimentell durch bloßen Druck erzeugt werden kann.<sup>1)</sup> Demnach wird also unter Umständen die Schmetterlingsfraktur hervorgerufen durch die Gestaltveränderung, welche die Diaphyse als Ganzes erleidet. Nun gelang es schon Bornhaupt, die beschriebenen schrägen Fissuren an hohlen Holz- oder Glaszylindern herbeizuführen, indem er Bolzen mit zylindro-konischem Ende durch eine Wand der Zylinder hindurchtrieb. Hieraus geht unzweideutig hervor, daß der eigentümliche Verlauf der Bruchlinien durch die röhrenförmige Gestalt der Diaphyse bedingt und durch Annäherung ihrer vorderen Wand an die hintere erzeugt wird, wie wir dies schon für die Längsfissur auf der Rückseite an anderer Stelle gezeigt haben.

So ist die Perforation des Knochens keine absolut notwendige Vorbedingung für das Zustandekommen der Schmetterlingsfraktur; doch wird diese hierdurch, wie Kocher durch zahlreiche Versuche nachwies, wesentlich gefördert. Es müssen daher noch andere Momente ihre Entstehung begünstigen. Langenbeck<sup>2)</sup> war der erste Autor, welcher darauf aufmerksam machte, daß sich das Geschloß (auch die Kugel) wie ein Keil verhält; es tritt niemals sofort mit seinem größten Querschnitte ins Ziel ein, sondern mit seiner Spitze. Allmählich rückt es mit einem immer größeren Durchmesser nach; hierdurch kommt eine ganz bestimmte Art der Wirkung zustande. Lange Zeit hat man auf dieses Moment, welches besonders Bornhaupt zur Erklärung der Splitterung in der Diaphyse heranzog, wenig geachtet, bis H. Bircher<sup>3)</sup> durch zahlreiche Versuche die Bedeutung dieses Faktors für den Mechanismus der Schußverletzungen klarlegte.

Nur ein ganz mattes Geschloß schlägt aus dem Knochen ein einfaches rundes Loch von Kalibergröße oder etwas darunter, indem es zum Teil die getroffene Masse herausstanzt, zum Teil sich durch Kompression der Nachbarschaft des Defektes Platz macht.

Mit zunehmender Geschwindigkeit des Projektils kommt

---

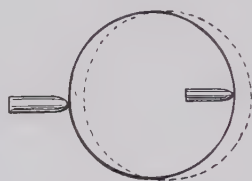
1) Kocher, Zur Lehre von den Schußwunden durch Kleinkalibergeschosse, S. 120.

2) Bornhaupt, l. c.

3) Bircher, Neue Untersuchungen über die Wirkung der Handfeuerwaffen.

seine Wirkung „als Keil nach allen Seiten“ (Bircher) immer mehr zur Geltung, indem die Ränder des Substanzverlustes, welchen die Geschößspitze gesetzt hat, durch den nachrückenden voluminöseren Teil auseinandergedrängt werden. Zuerst platzt der Knochen entsprechend seinem architektonischen Baue in den Linien der leichtesten Spaltbarkeit; es entsteht ein Sprung, welcher in der Längsrichtung verläuft. Solche longitudinalen Fissuren, welche sowohl vom Ein- oder Ausschußdefekte, als auch von allen beiden ausgehen können, finden sich vorzugsweise auf weite Entfernungen, bei kleineren Projektilen auch auf nähere Distanzen (Fig. 33 u. 34). Wahrscheinlich unterstützt ihre Entstehung am Ausschusse noch die Dehnung, welche die hintere Knochenwand durch das auf ihrer Innenseite auftreffende Geschöß erleidet, während am Einschusse die Kompression des Gewölbes wirksam ist (Fig. 50).

Fig. 50.



Veränderung des Knochenringes beim Auftreffen des Geschosses (Schema).

Durch größere lebendige Kraft wird auch der Widerstand, welchen die Längsfasern darbieten, überwunden; es kommt zu Rissen, die schräg (Fig. 51) oder sogar quer zur Spaltungsrichtung des Knochens stehen (Fig. 52 u. 53). In letzterem Falle handelt es sich stets um Verletzungen durch Projektilen, denen ein besonders hoher Grad von Geschwindigkeit innewohnt; die Regel bildet jedoch die Entwicklung von Bruchlinien, deren Verlauf den durch langsamen Druck erzeugten Fissuren nahekommt.

Je mehr sich nun der Längsschnitt eines Projektils einem Keile nähert, desto gleichmäßiger und ausgesprochener werden die radiären Sprünge. Am regelmäßigsten sind sie bei den Verletzungen durch Spitzgeschosse angeordnet, wohl der beste Beweis für die Richtigkeit der Bornhauptschen Theorie.

Es tragen also zwei ganz von einander verschiedene Momente zur Ausbildung des typischen Schmetterlingsbruches bei; doch ist immerhin noch ein Unterschied zwischen der X-Fraktur, welche durch bloßen Druck entsteht, und derjenigen, bei der noch die Keilwirkung eines schnell fliegenden Ge-

Fig. 51.



Schmetterlingsbruch der Humerusdiaphyse.

8 mm Stahlmantel. 600 m Distanz.

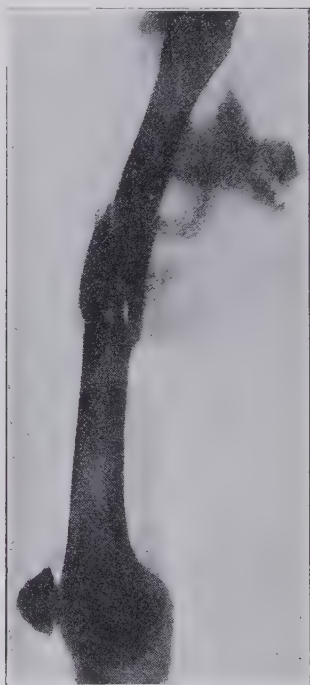
(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

schosses im Spiele ist. Im ersteren Falle finden wir lange, fast longitudinal verlaufende Fissuren, im letzteren mehr quere Bruchlinien. Der fast momentan erfolgende Stoß eines modernen Gewehrprojektils erzeugt, wie wir am deutlichsten aus den bekannten Schießversuchen auf Glasplatten ansehen,

kurze und zahlreiche Sprünge, der langsame Druck wenige längere Spalten.

Auch bei perforierenden Schüssen ist es nicht unbedingt erforderlich, daß die Kugel beim Austritte aus dem Knochen mit diesem zum zweiten Male in Berührung kommt. In

Fig. 52.



Schmetterlingsbruch des Femur. 8 mm Stahlmantel 200 m Distanz.  
(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

manchen Fällen, in denen die Diaphyse in ihrer Mitte getroffen wurde, gelingt es, ihre Kontinuität bis auf den Einschußdefekt, eventuell noch einen geringen Substanzverlust in der Hinterwand, durch welchen unmöglich das Geschoß hindurchgedrungen sein kann, wiederherzustellen (Bornhaupt [Fig. 54]). Bei der Erklärung dieses Phänomens ist mancherlei zu beachten. Einmal spielt dabei die Elasti-



zität des Knochens eine große Rolle. Sie kann sich beim Einschusse nur wenig betätigen, da hier die konvexe Seite eines Gewölbes mit noch ungeschwächter Kraft getroffen

Fig. 53.



Schmetterlingsbruch der Femurdiaphyse.

a) Einschußseite. b) Auschußseite.

8 mm Stahlmantel. 200 m Distanz.

(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

und komprimiert wird, ehe sie nachgeben kann. Man kann daher, wenn man in stande ist, die Splitter wieder zusammenzusetzen, nachweisen, daß der hier entstandene Defekt meist

annähernd dem Kaliber des verwandten Geschosses entspricht. Beim Ausschusse wird dagegen die Konkavität der Knochenröhre von innen her gedehnt; hier entsteht bei langsamen, undeformierten Projektilen ein geringer Substanzverlust,

Fig. 54.



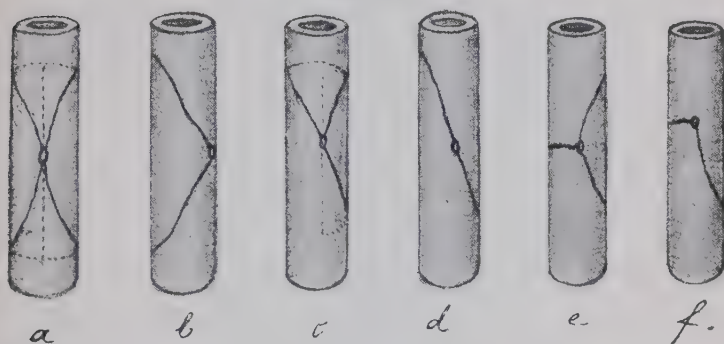
Schußfraktur des Femur.  
Ausschußöffnung stellt einen schmalen Spalt dar.  
(Nach v. Volkmann.)

eventuell sogar ein bloßer Riß. Ferner kann eine hintere Längsfissur bei sehr langsamem Fluge des Projektils schon ausgebildet sein, ehe es noch die Diaphyse zum zweiten Male durchschlägt. Es werden nämlich durch die Kugel die

Seitenteile des knöchernen Zylinders, welche nach Entwicklung der beiden typischen Schrägsprünge mobil geworden sind, schon beim Passieren der Vorderwand auseinandergeklappt (Kocher). Dadurch wird die Möglichkeit gegeben, daß die Kugel durch die geöffnete hintere Längsfissur wie durch ein Thor hindurchfliegen kann, ohne den Knochen wiederum zu berühren.

Aus der Schmetterlingsfraktur lassen sich nun eine Anzahl anderer Formen ableiten, welche die Skizze zeigt (Fig. 55).

Fig. 55.



Schema zur Darstellung der verschiedenen sich aus der Schmetterlingsfraktur entwickelnden Bruchformen.

So entsteht häufig ein Keilbruch (Fig. 55b u. 56), wenn der Knochen gestreift wird. Besitzt das Geschloß eine große Geschwindigkeit, so wird hierbei nur ein einziges zusammenhängendes Stück, dessen Spitze sich an der Perforationsöffnung befindet, aus der Kortikalis gerissen. Bei geringerer lebendiger Kraft des Projektils wird aus derjenigen Seite der Diaphyse, welche unter einem spitzen Winkel getroffen wurde, ein dreieckiges oder rautenförmiges Segment herausgeschlagen, dessen Begrenzung in der hinteren Längsfissur liegt, wozu dann noch bei mittlerer Geschwindigkeit der Kugel ein größerer Splitter an der anderen Seite kommt.

Bei senkrechtem Auftreffen des Projektils können verschiedene Bruchformen dadurch hervorgebracht werden, daß einzelne der beschriebenen Sprunglinien fehlen. So findet man

steile Schrägfrakturen mit und ohne Absprengung eines dreieckigen Stückes aus der Diaphyse (Fig. 55c, d u. 57). Eine quere Kontinuitätstrennung auf der einen Seite der Perforationsstelle, während aus der anderen ein keilförmiger, nicht selten ebenfalls in zwei Fragmente zerlegter Splitter ausgebrochen ist, wird beobachtet, wenn die Spaltung des

Fig. 56.



Keilbruch der Fibula. 6 mm Stahlmantel. 600 m Distanz.  
(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

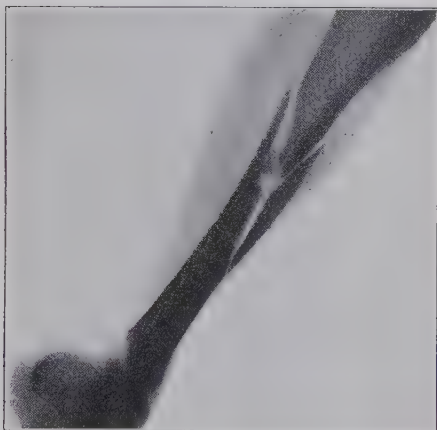
Knochens in typischer Weise nur auf einer Hälfte eingetreten ist (Fig. 56e). Schließlich kann nur eine einzige Fissur ausgebildet sein; dann ist der Rest der Diaphyse meist in transversaler Richtung gebrochen (Fig. 58). Bisweilen kommen die letzten beiden Fälle auch ohne vollständige Trennung des Zusammenhanges der Diaphyse vor (Fig. 36).

Die Risse können sich nun mehren; dann sieht man deren 6, 7 selbst 8 und 9 von den Schußlöchern aus nach allen Seiten hinziehen (Fig. 53). Zuweilen sind auch nur

einzelne schräge Sprünge mit longitudinalen kombiniert (Fig. 59).

Häufig findet man die radiären Fissuren durch zirkuläre (quer- oder längsverlaufende) verbunden (Fig. 53). Die letzteren entstehen dadurch, daß das Projektil die zwischen den Spalten befindlichen, an der Peripherie noch mit der Diaphyse zusammenhängenden Knochenpartieen in der Schußrichtung zu verschieben sucht. Sobald die Elastizitätsgrenze überschritten wird, bricht der betreffende Sektor ein. Ist die

Fig. 57.



Unvollständiger Schmetterlingsbruch der Tibia.

8 mm Stahlmantel. 1350 m Distanz.

(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

lebendige Kraft des Geschosses sehr groß oder die Kortikalis dünn, so wird der Riß nicht weit ab vom Angriffspunkte der Gewalt erfolgen, da dann der Hebelarm nur klein zu sein braucht. Wenn dagegen die Energie geringer oder die Kompakta besonders widerstandsfähig ist, so wird, wenn überhaupt, der Sprung entfernter von der Schußöffnung vorgefunden werden.

Außer den zirkulären und radiären Fissuren kommen unter der Einwirkung des Geschosses noch die verschiedensten



Bruchlinien zur Ausbildung, deren Genese wir bei der Betrachtung der einfachen Frakturformen besprochen haben. Wir finden da longitudinale Berstungssprünge, durch Ueberbiegung entstandene Querspalten usw. Daß in der Tat die Knochenröhre als Ganzes auch bei dem Stoße eines modernen, mit hoher Geschwindigkeit fliegenden Geschosses eine große Veränderung erleidet, beweisen die Versuche Kranzfelders,<sup>1)</sup>

Fig. 58.



Halber Schrägbruch der Tibia. 6 mm Stahlmantel.  
(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

welche uns überhaupt zum ersten Male genaueren Aufschluß über die komplizierten Vorgänge bei der Sprengung der Diaphyse geben (Tafel A, B).

---

1) Kranzfelder und Schwinning, Die Funkenphotographie in ihrer Verwendbarkeit zur Darstellung der Geschößwirkung im menschlichen Körper.

Hiernach wird mit demselben Momente, in welchem die Kugel die Kortikalis berührt, ihre vordere Wand der hinteren genähert und der Knochen mit seinen beiden Enden über den Einschuß scharf nach dem Schützen zu gebogen. Während

Fig. 59.



Y-förmige Anordnung der Bruchenden bei einem Bruche der Tibia.

6 mm Stahlmantel. 2000 m Distanz.

(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

das Projektil die getroffenen Teile mit sich zu reißen sucht, knicken oberes und unteres Schaftstück über der Aufschlagsstelle nach der entgegengesetzten Seite hin zusammen. Das Verharrungsvermögen der nicht direkt berührten Parteen er-

klärt uns so, weshalb auch bei Geschossen mit großer lebendiger Kraft Frakturen resp. Risse durch Biegung, Ueberdehnung oder Torsion entstehen können.

Die Sprengung des Knochens beginnt mit dem Eindringen des Projektils in die Kompakta; noch bevor sich dieses mit seinem Zylinderteile in der Markhöhle befindet, sieht man schon, wie die Vorderwand der Diaphyse aufgetrieben wird, ein Zeichen, daß sich Sprünge gebildet haben und die mobil gewordenen Teile nach außen gedrückt werden. Gleichzeitig bemerkt man, wie Grus und kleinste Partikel nach rückwärts geschleudert werden, denen bald größere Splitter folgen. In dem Augenblicke, in dem die Geschößspitze die Außenwand berührt, beginnt sich auch diese vorzubuckeln; die Kugel passiert sie, die Wölbung wird immer stärker. Hinter dem Projektil fliegen erst feinere, dann immer gröbere Knochenteile. Bis jetzt ist die Knickung des ganzen Schaftes immer stärker geworden, nun beginnt sie wieder nachzulassen.

Der ganze Vorgang der Knochensprengung, vom Aufschlagen der Geschößspitze auf die Knocheneinschußwand an gerechnet, dauert nach Kranzfelder bei einer Geschwindigkeit von 600 m/Sek. etwa 8,4—8,8 zehntausendstel Sekunden; sie ist erst vollendet, wenn das Projektil ungefähr 50 cm weiter geflogen ist.

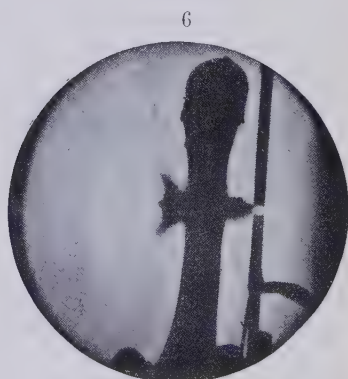
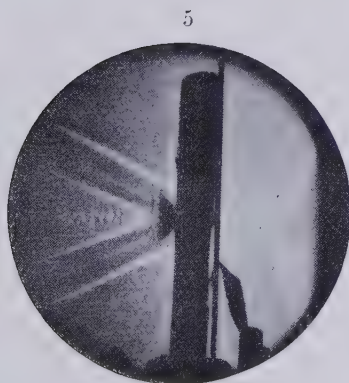
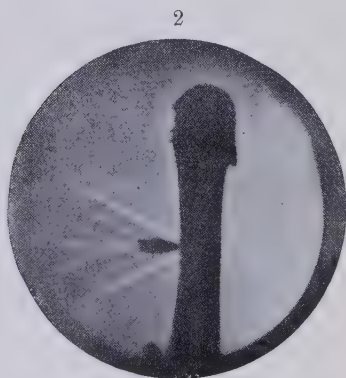
Natürlich ist damit die Bewegung der Massen nicht zu Ende; es vergeht noch eine gewisse Zeit, ehe sie zur Ruhe kommen.

Wir haben bei dieser Darstellung bis jetzt einen wichtigen Faktor, das Mark, außer Acht gelassen: wir schilderten nämlich die Vorgänge beim Beschuße eines entmarkten Diaphysenknochens auf 25 m mit unserem Gewehre Modell 88 (Tafel B, 1—4).

Es stellt sich nun heraus, daß die Sprengung einer markhaltigen Diaphyse in ganz derselben Zeit abläuft und etwa dieselbe Ausdehnung hat. Ueber die Bewegung und den Einfluß des Markes gibt uns wiederum die Momentphotographie Aufschluß (Tafel A. u. B, 5—8).

In dem Augenblicke, in welchem die Spitze des Projektils die Vorderwand des Knochens durchdrungen, stürzen auch schon die durch dasselbe verdrängten Markteilchen mit außerordentlicher Geschwindigkeit durch die Einschußöffnung nach außen. Sie halten sich zuerst noch scharf am Geschöß-

Darstellung des Knochenein- und



Knocheneinschuß. (8

- |    |         |                                                       |          |
|----|---------|-------------------------------------------------------|----------|
| 1. | Geschoß | dicht vor dem Einschlagen in die Knochenwand          | } Diaphy |
| 2. | "       | mit der Spitze soeben in die Markhöhle gedrungen      |          |
| 3. | "       | mit der Spitze voll in der Markhöhle                  |          |
| 4. | "       | mit $\frac{3}{4}$ des Cylinderteiles in der Markhöhle |          |

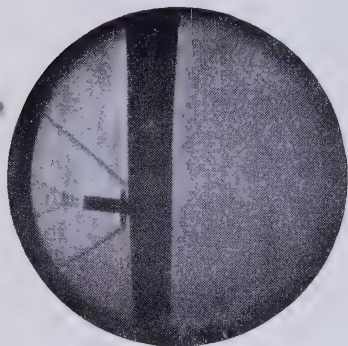
Knochenausschuß. (8 mm St

- |    |         |                                                  |             |
|----|---------|--------------------------------------------------|-------------|
| 5. | Geschoß | gerade im Begriff mit der Spitze aus dem Knochen |             |
| 6. | "       | 1,5 cm mit der Spitze von der Knochenausschußwan |             |
| 7. | "       | 3                                                | " " " " " " |
| 8. | "       | 4                                                | " " " " " " |

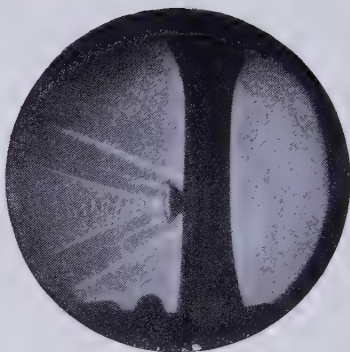
# fel A.

d ausschusses (nach Kranzfelder).

3



4



7



8



mm Stahlmantel.) Fig. 1—4.

Diaphyse des Kalbshesseknochen ohne Periost mit Mark.

se eines menschlichen Schienbeins ohne Periost mit Mark.

Stahlmantel. 8 m Distanz.) Fig. 5—8.

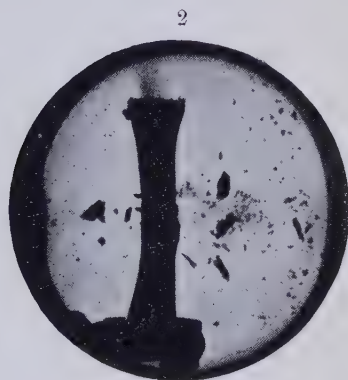
zu treten	}	Diaphyse des Kalbshesseknochen ohne Periost.
1 entfernt		
"		
"		



Darstellung der Geschoßwirkung auf die Diaphyse  
(8 mm Stahlmantel.)



$t = 0,00024$  Sek.  
 $e = 15$  cm.



$t = 0,00084$  Sek.  
 $e = 50$  cm.



$t = 0,00024$  Sek.  
 $e = 15$  cm.



$t = 0,00084$  Sek.  
 $e = 50$  cm.

Fig. 1—4 Knochen entmarkt.

$t$  = Zeit vom Beginn des Austrittes des Geschosses  
 $e$  = entsprechender Geschoßweg in cm.

# 1 B.

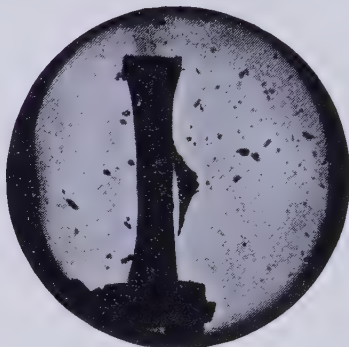
eines Kalbshesseknochens (nach Kranzfelder).  
25 m Distanz.)

3



$t = 0,00171$  Sek.  
 $e = 100$  cm.

4



$t = 0,00360$  Sek.  
 $e = 200$  cm.

7



$t = 0,00171$  Sek.  
 $e = 100$  cm.

8



$t = 0,00575$  Sek.  
 $e = 300$  cm.

Fig. 5--8 Knochen mit Mark.

us dem Knochen bis zur Aufnahme in Sekunden.

mantel, breiten sich dann aber plötzlich senkrecht zu ihrer bisherigen Flugbahn wie ein flacher Pilz allseitig radiär vom Projektil aus, noch dicht mit einander zusammenhängend. Der Grund für diese Aenderung der Bewegungsrichtung liegt wohl in dem Widerstande der von außen nachdrängenden Luft. Stets wird so viel von der Masse nach rückwärts geworfen, wie dem Volumen entspricht, welches der eingedrungene Geschoßteil einnimmt, sodaß von einer Raumbeugung innerhalb der von knöchernen Wänden umgebenen Höhle keine Rede sein kann.

Sobald sich nun die Einschußwand vorbaucht, d. h. nachdem sich radiäre Sprünge gebildet haben, schießt Mark aus ihnen hervor; die Pilzfigur erhält die Form eines Trichters. Jetzt werden auch Knochengrus und feinste Splitter mit enormer Geschwindigkeit, größerer als die des Projektils selbst, nach hinten geschleudert. Gleichzeitig mit dem austretenden Projektil verläßt ein Markzylinder die Diaphyse und begleitet das Geschoß noch eine kurze Strecke, bleibt aber dann bald weiter hinter ihm zurück. Noch während die Kugel teilweise im Knochen steckt, ihre Spitze sich aber schon  $1\frac{1}{2}$  cm davon entfernt hat, kommt die Auftreibung des Schaftes um den Schußkanal sehr deutlich zum Vorschein und nimmt von nun an stetig an Ausdehnung zu, d. h. es beginnt jetzt die Lösung größerer Splitter.

Die Bewegung derselben geht mit verschiedener Geschwindigkeit vor sich, am schnellsten bei den nahe am Ein- und Ausschuß befindlichen, am langsamsten bei den ferner gelegenen. Auch die einzelnen Enden ein und desselben Knochensplitters haben eine ungleichmäßige Geschwindigkeit; die proximalen Teile fliegen schneller, als die distalen. Die Folge hiervon ist eine Rotation um die verschiedenen Axen, welche zuweilen so weit geht, daß eine vollständige Umkehrung der einzelnen Flächen stattfindet.

Die Geschwindigkeit einzelner Splitter berechnete Kranzfelder auf 2—75 m/Sek.; es läßt sich daraus, sowie aus dem Gewichte leicht berechnen, wie groß die lebendige Kraft ist, mit welcher sie auf die Umgebung einwirken. Man versteht dann auch, weshalb so gewaltige Zerstörungen der Weichteile bei Nahschüssen zustande kommen.

Mit sinkender Geschwindigkeit des Projektils nehmen auch die Bewegungsvorgänge an Intensität entsprechend ab, wie ebenfalls durch Versuche dargetan wurde. Ferner be-

anspricht die Sprengung dann längere Zeit: so war sie bei Modell 88 auf 800 m Distanz (288 m/Sek.) erst in 19 zehntausendstel Sekunden vollendet.

Vergleichen wir nun die Wirkung des Beschusses einer markhaltigen und marklosen Diaphyse mit einander, so finden wir, daß im ersteren Falle zahlreichere, dabei aber kleinere Splitter gebildet werden und ihre Bewegungen, namentlich in der Richtung auf den Schützen zu weit lebhafter sind. Danach ist die Rolle, welche das Mark bei der Sprengung spielt, die folgende:

Sobald die Geschößspitze in das halbflüssige Medium eintaucht, weichen die dadurch verdrängten Teile, welche wegen ihrer Inkompressibilität nicht zusammenrücken können, in der Richtung des geringsten Widerstandes aus und stürzen mit großer Gewalt zwischen Projektil und den Rändern des Einschusses hindurch nach außen. Nachdem sich nun Sprünge in der vorderen Knochenwand gebildet haben, dringt das Mark durch dieselben, vergrößert und verlängert dabei die schon vorhandenen Fissuren, reißt gelockerte Splitter gänzlich los und setzt sie in Bewegung. Nach innen gedrückte Kortikalisspannen werden wieder aufgerichtet, nach außen gegen das Periost gedrängt, um zuweilen mit Nachlaß des Stoßes wieder in ihre alte Lage zurückzufedern. Solange sich das Projektil noch ganz in der Diaphyse befindet, stürzt sich die ganze verdrängte Markmasse in der Richtung auf den offenstehenden Einschuß, der schon gesprengten Vorderwand zu, da hier die Bahnen des geringsten Widerstandes liegen; diese Bewegung dreht sich um, sobald das Geschöß den Schaft verläßt. Dann drängen die angestoßenen Teile des Mediums mit gewaltiger Wucht gegen die Ausschußwand und entfalten hier dieselbe Wirksamkeit, wie in der Umgebung des Einschusses.

Es vollendet also das Mark die Zerstörung des Knochens, welche auch ohne sein Zutun zustande kommt, und beeinflußt gleichzeitig, da durch seine Vermittlung den losgelösten Splintern eine besonders hohe Geschwindigkeit mitgegeben wird, den Umfang der Weichteilverletzung.

Auch wenn nun durch Einwirkung dieses Faktors die Zertrümmerung der Diaphyse eine erheblichere Ausdehnung gewonnen hat, lassen sich doch die nach ihrer Wiederausammensetzung gewonnenen Bilder stets auf eine Kom-

bination der verschiedenen von uns geschilderten Bruchformen zurückführen. So sehen wir radiäre, vom Einschusse ausgehende Fissuren in ebenfalls radiäre, vom Ausschuß herkommende Sprünge übergehen oder durch quere und längsverlaufende Spalten mit ihnen verbunden, in manchen Fällen auch in der Wand sich verlieren. Letzteres ist jedoch nur eine Ausnahme, da die entstandenen Risse sich miteinander zu vereinigen streben. Der Grund für das Zusammenfließen der Fissuren ist wohl darin zu suchen, daß sich in der Umgebung eines jeden Sprunges, besonders aber in seiner Fortsetzung Kontinuitätstrennungen vorfinden, welche nicht durch die ganze Dicke des Knochens gehen und daher äußerlich nicht sichtbar sind. Sobald nun ein weiterer Riß in der Nähe des schon bestehenden entsteht, kommt es am leichtesten zu einer Aufhebung des Zusammenhanges der einzelnen Lamellen an denjenigen Stellen, welche durch das vorhergehende Trauma bereits geschädigt waren. Es verläuft daher der zweite Spalt in der Richtung auf den ersten.

Durch Ineinanderübergehen der einzelnen Bruchlinien, von queren, schrägen und longitudinalen Sprüngen entsteht nun die Splitterfraktur, welche je nach der Festigkeit der getroffenen Diaphyse, der lebendigen Kraft und dem Charakter des Geschosses verschieden ausfällt.

Die Nahschüsse mit den modernen Gewehrprojektilen sind, wie wir aus den durch den südafrikanischen Feldzug vollauf bestätigten Schilderungen v. Colers und Schjernings wissen, durch die gewaltigsten Zerstörungen des Knochens gekennzeichnet. Dieser ist hier in großer Ausdehnung zermalmt, in Grus, kleinste und mittlere bis zu 6 cm lange, meist lose Splitter umgewandelt (Fig. 60a). Die Zertrümmerung ist häufig so ausgedehnt, daß es bei einer Präparation nicht möglich ist, genau die Einschußstelle in der Diaphyse abzugrenzen, sie läßt sich dann nur noch aus den runden, einem Segment des Geschößkalibers entsprechenden Ausfräsungen an einzelnen Kortikalisresten erkennen.

Mit zunehmender Entfernung des Schützen werden auch die Zerstörungen geringer, die Bruchstücke, in welche der getroffene Knochenabschnitt zerfällt, daher größer (Fig. 60b u. c). Man findet jedoch in allen Distanzen Splitter von verschiedenen Dimensionen, allerdings bei Fernschüssen vorwiegend lange, bei Nahschüssen kurze; erst von 1500 m an fehlen die letzteren fast vollkommen. Die größte gänzlich





Fig. 60 a.

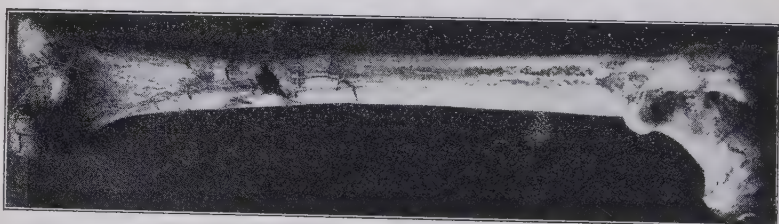


Fig. 60 b.

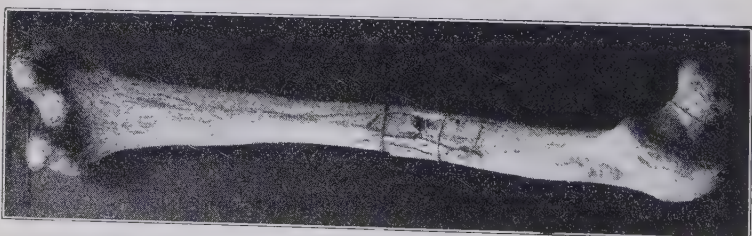


Fig. 60 c.

20 m Distanz.

600 m Distanz.

2000 m Distanz.

Splitterfraktur der Femordiaphyse. 8 mm Stahlmantel. (Kriegs chirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelm-Akademie.)

gelöste Kortikalisspange, welche ich sah, besaß eine Länge von 14 cm und wurde von mir bei Gelegenheit der Revision eines vereiterten Oberschenkelbruches infolge eines Schusses aus 200 m Distanz gefunden.

Außer der Entfernung spielt noch der Härtegrad der Diaphyse eine große Rolle; je fester und widerstandsfähiger sie ist, desto kleiner und zahlreicher sind auch die Stücke, in welche sie zerfällt. Demnach finden wir viele kleine Splitter bei Frakturen der Tibia, namentlich, wenn die besonders resistente vordere Kante getroffen war, wenige und lange Fragmente bei Schüssen durch den Humerus, das Femur.

v. Coler und Schjernerling unterscheiden unter den Teilen, in welche der Knochen zersprengt wird, dreierlei Gruppen: große, meist noch vollkommen mit dem Perioste in Verbindung stehende Bruchstücke, kleinere, bis zu 4 cm lange, fast immer schon gelöste Splitter und Grus. Der letztere rührt ausschließlich von den direkt vom Geschosse zermalnten Partien her; die kleineren Fragmente gehören — mit Ausnahme der nahen Distanzen — der Ausschußfläche an, die großen Splitter dagegen den Vorder- und den Seitenwänden.

Abgesehen von den Verletzungen aus geringen Entfernungen gelingt es bei Schießversuchen stets, die Diaphyse wieder zusammenzusetzen; man sieht dann, wie die Bruchlinien in den von mir geschilderten Beziehungen zu einem Ein- und Ausschußdefekte stehen. Der erstere ist bei senkrechtem Auftreffen des Projektils meist rund, auf weitere Distanzen dem Kaliber entsprechend, auf nähere nur wenig größer. Der letztere hat dagegen, sehen wir hier einmal ganz ab von Verwundungen durch langsame Projektile, einen bedeutend größeren Durchmesser. So z. B. betrug er nach den Untersuchungen der Medizinalabteilung am Femur bei 100 m 20—30 mm, bei 200 m 16—25 mm, bei 1000 m 5—10, 15—35, 20, 30 und 50 mm, in 1600 m 25—30 mm, stieg sogar beim Schienbeine in 100 m bis über 50 mm Durchmesser. Die Größe und Unregelmäßigkeit der Maße erklärt sich zunächst in den häufigen Deformationen des Geschosses, dort aber, wo diese nicht eintritt, in der großen Neigung des Projektils, sich bei einseitigen Widerständen quer zu stellen. Nur wenn das Projektil senkrecht auf eine ebene Knochenwand, z. B. die hintere Schienbeinfläche auftrifft, findet es in allen seinen

Punkten auch einen gleichmäßigen Widerstand, fliegt demnach in seiner Längsrichtung weiter und bewirkt so nur einen mittleren Ausschußdefekt. Trifft es dagegen eine Knochenfläche schräg, z. B. die Seitenwand des Oberschenkelknochens, so bedingt der einseitige Widerstand ein Umschlagen der Geschosßbasis, ein Pendeln; die Ausschußwand wird vom Projektil als Querschläger durchbrochen und deshalb in größter Ausdehnung zerschmettert.<sup>1)</sup> Schließlich tragen zur Vergrößerung des Ausschußdefektes die in der Richtung des Geschosßstoßes fliegenden Markmassen und Splitter bei.

Fig. 61.



Schema zur Erklärung der Vergrößerung der Splitterungszone bei spitzwinkelig in der Längsrichtung auftreffenden Geschossen.

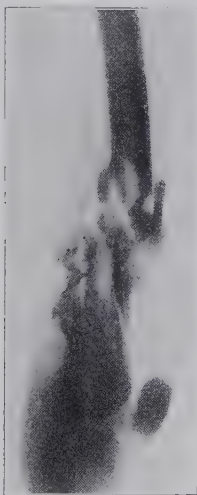
Während nun die Intensität der Knochenzerstörung mit wachsender Entfernung abnimmt, zeigt es sich, daß die Zone der Splitterung in allen Distanzen fast genau dieselbe Ausdehnung hat. So beträgt dieselbe nach v. Coler und Schjerring durchschnittlich:

am Femur . . . .	11—12 cm	
an der Tibia . . .	9,2 "	
" " " . . . .	11,5 "	(wenn die vordere Kante getroffen ist),
am Humerus . . .	8—9 "	
an der Fibula . .	5,5 "	
an Radius und Ulna	5,0 "	

1) M.-A. S. 379.

Unsere Feldzugserfahrungen aus Südafrika ergaben nach Messungen an Röntgenbildern etwa dieselben Zahlen;<sup>1)</sup> wir nehmen diese daher als Norm bei den Verletzungen durch unsere modernen Geschosse an. Nur wenn die Diaphyse in der Längsrichtung unter einem sehr spitzen Winkel getroffen wurde, sodaß der Knochenauschuß weit entfernt vom Einschusse liegt (Fig. 61), gibt es Splitterungszonen, welche oft fast die doppelte Ausdehnung haben (Fig. 62 u. 63).

Fig. 62.



Splitterfraktur der Femurdiaphyse.  
8 mm Stahlmantel. 600 m Distanz. Längsschuß.  
(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

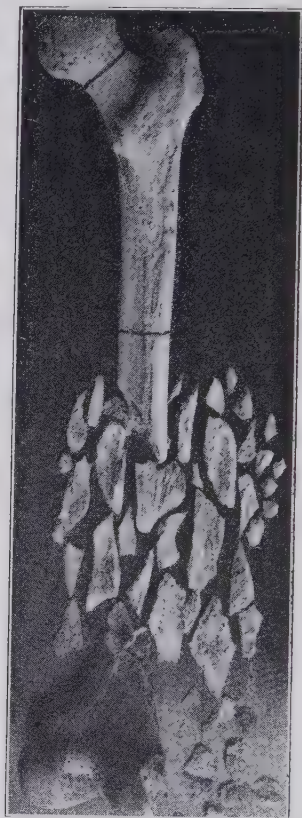
Geringe Schwankungen über und unter diesen Maaßen sind lediglich durch die verschiedene Härte der getroffenen Diaphyse, sowie dadurch bedingt, daß das Projektil die letztere nicht immer in seinem größten Durchmesser durchbohrte.

---

1) Küttner, l. c. S. 41.

Die Bildung von Splintern kommt zustande durch die Vereinigung mehrerer Bruchlinien; wir finden daher noch bei jeder Splitterfraktur eine mehr oder weniger ausgedehnte

Fig. 63.



Splitterfraktur der Femurdiaphyse.  
8 mm Stahlmantel. 800 m Distanz. Längsschuß.  
(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

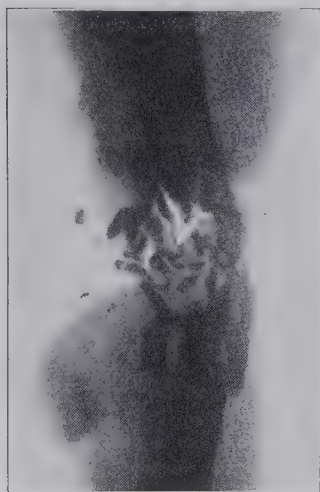
Fissurierung. Wenn auch im Allgemeinen die Sprünge nicht aus der Diaphyse in die Epiphyse übergehen, so sieht man sie doch nicht selten selbst bei Verwundungen durch Mantelgeschosse bis in die Nähe der Epiphyse reichen. So be-



obachteten wir bei Schüssen durch das untere und mittlere Drittel des Oberschenkels Hämarthros des Kniegelenkes, welcher nur auf eine Blutung aus zerrissenen Knochengefäßen zurückgeführt werden konnte. In einigen Fällen waren wir bei Gelegenheit von Absceßspaltungen direkt imstande, lange, fast über die ganze Diaphyse ziehende Risse nachzuweisen.

Eine ganz enorme Intensität erreicht die Knochenzerstörung bei den Verletzungen durch Teilmantelgeschosse

Fig. 64.



Splitterfraktur der Humerusdiaphyse.

6 mm Bleispitzengeschö. 10 m Distanz.

(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

(Fig. 64 u. 65); doch weicht auch hier die Ausdehnung der Splitterungszone keineswegs erheblich von den mitgeteilten Zahlen ab. Bis zu 600 m Entfernung wird dabei die Diaphyse in zahlreiche kleine Bruchstücke zersprengt; erst über diese Distanz hinaus ist kein Unterschied gegenüber den gewöhnlichen Mantelgeschossen mehr wahrzunehmen.

Auch bei den alten Bleiprojektilen stellen die Frakturen mit Splitterung das Hauptkontingent der Diaphysenläsionen

dar; sie ähneln sehr den Verletzungen, welche wir bei Fernschüssen mit den modernen Handfeuerwaffen beobachteten. Wir finden große (bis zu 25 cm lange), wenig zahlreiche Splitter, daneben Fissuren von bedeutender Länge. Den Typus stellt ebenfalls die Schmetterlingsfraktur mit allen ihren Variationen dar (Fig. 54).

Fig. 65.



Splitterfraktur der Femurdiaphyse.

8 mm Hohlspitzengeschöß. 300 m Distanz.

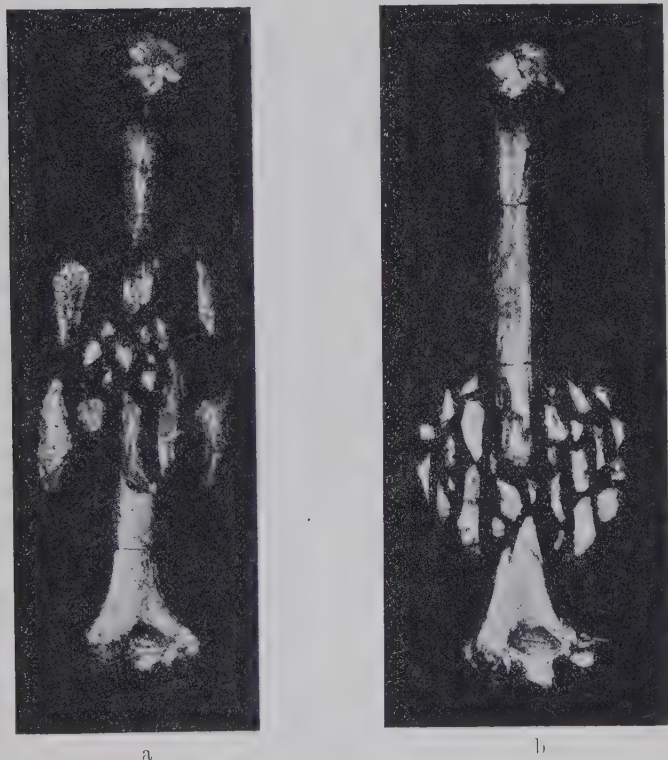
(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

Bei den Verwundungen durch Shrapnelkugeln kommt es in der Regel in gleicher Weise zur Splitterung. Nach den Versuchen der M.-A.<sup>1)</sup> sind die einzelnen Fragmente, in welche der Knochen zerfällt, bei geringen oder mittleren Sprenghöhen- und weiten im allgemeinen kleiner und zahlreicher, sowie aus ihrem Zusammenhange mit dem Perioste und ihrem Mutterboden mehr oder weniger gelöst, in weiter

1) Schjerning, Thöle, Voss, l. c. S. 139.

Entfernung dagegen größer, geringer an Zahl und noch in ihrer ursprünglichen Lage festgehalten. Wir selbst beobachteten im südafrikanischen Feldzüge auffallend häufig Keilbrüche mit Heraussprengung eines großen dreieckigen Splitters, eine Ver-

Fig. 66



Zwei Humerusdiaphysen auf 400 m Distanz beschossen.  
 a) 6 m Vollmantelgeschöß. b) 6 mm Bleispitzengeschöß.  
 (Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

letzung, welche auf die geringe lebendige Kraft der Kugel zurückzuführen ist.

Recht verschiedenartig fallen die Zerstörungen an der Diaphyse aus, welche das grobe Geschütz verursacht. Schon ganz kleine Splitter unserer deutschen Feldhaubit-

granate können, da ihnen sofort nach dem Krepieren eine Geschwindigkeit von ungefähr 1000 m innewohnt, ganz enorme Zertrümmerungen bewirken (Fig. 67). Sprengstücke von einem halben Gramm und darunter rufen nicht selten schwere Splitterfrakturen hervor.

Fig. 67.



Zertrümmerung der ganzen Humerusdiaphyse durch ein Sprengstück der Feldhaubitgranate.  
(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

Mannigfach und wechselnd sind also die Bilder, unter welchen uns die Verletzungen der Knochen durch die einzelnen Arten der Geschosse zu Gesichte kommen; ein prinzipieller Unterschied besteht jedoch in der Wirkungsweise der verschiedenen Projektile nicht. Auch die Geschwindigkeit

des modernen Mantelgeschosses, des Sprengstückes einer Feldhaubitgranate erlahmt; sie führen dann ebenso einfache Brüche herbei, wie die langsameren Geschosse, welcher Gattung sie auch angehören mögen, während die letzteren in nahen Distanzen gerade so gut Splitterfrakturen mit erheblicher Zerstörung verursachen, wie erstere. Nur die Häufigkeit, mit welcher wir den einzelnen Formen begegnen, bedingt den Unterschied.

β) Die Weichteilverletzung bei Diaphysenschüssen.

Die Hauteinschußöffnung hat bei Diaphysenverletzungen dieselben Dimensionen, wie bei einer reinen Weichteilwunde, entspricht also in ihrem Umfange etwa dem größten Durchmesser, mit welchem das Projektil in den Körper eintrat. Nur bei Nahschüssen auf Knochen, die von wenig Fleisch bedeckt sind, wie z. B. die vordere, innere Tibiafläche, zeigt sich eine geringe Abweichung von diesem Verhalten. Hier tragen nach rückwärts geworfene Markmassen und Splitter, die wir zuweilen noch in der äußeren Öffnung vorfinden, zur Erweiterung des Einschusses bei. Doch erreicht dieser, vorausgesetzt, daß kein Aufschläger vorliegt, in seinem größten Durchmesser bei den Verwundungen durch die modernen Mantelgeschosse, welche wir hier zuerst abhandeln, kaum die Länge von 3 cm.

Die Einschußstrecke, d. h. der Kanal in den Weichteilen von der Haut bis zum Knochen, ist in ihren Anfangsteilen meist zylindrisch, 6—10 mm weit, zeigt jedoch bei Verletzungen aus Distanzen bis zu ungefähr 1600 m stets Erweiterungen an ihrem Ende, sowie eine Zertrümmerung der Muskulatur in ihrer nächsten Umgebung, Erscheinungen, welche ebenfalls auf eine rückwirkende Kraft von seiten des Markes zu beziehen sind. Betrachtet man die Momentphotographien Kranzfelders, so ist es leicht zu verstehen, weshalb diese Höhlung nicht selten vollkommen mit Grus und Splintern austapeziert ist.

Weit mehr als in der Einschußstrecke findet in der Ausschußstrecke die Knochenzerstörung ihren Ausdruck. Die Verletzung der Weichteile steht in direkter Abhängigkeit von ihr; daher beobachteten wir die bedeutendsten Zerstörungen bei Nahschüssen. Hier trafen wir bei Gelegenheit der Revision von vereiterten Frakturen auf fast mannsfaustgroße Zertrümmerungshöhlen, welche inmitten des Knochens



begannen und erst in der Haut ihr Ende erreichten. Im Innern dieses gewaltigen Raumes, sowie in die Wandungen eingespritzt fanden wir Grus, feine und mittlere Splitter, die zum Teil so fest saßen, daß wir Mühe hatten, sie mit dem Elevatorium zu lockern.

Zur Entstehung dieser Zerstörungen tragen am meisten die kleineren, nicht mehr mit der Diaphyse und dem Perioste in Zusammenhang stehenden Bruchstücke bei; je größer sie werden, und je geringer die ihnen vom Geschosse mit auf den Weg gegebene Geschwindigkeit ist, desto unbedeutender fällt auch die Weichteilverletzung aus. Schon bei 200 m Distanz wird die Zertrümmerungshöhle kleiner, bei 600 m erreicht sie kaum die Größe eines Hühnereis, bei 1000 m einer Welschnuß, um bei 2000 m Entfernung fast ganz zu verschwinden.

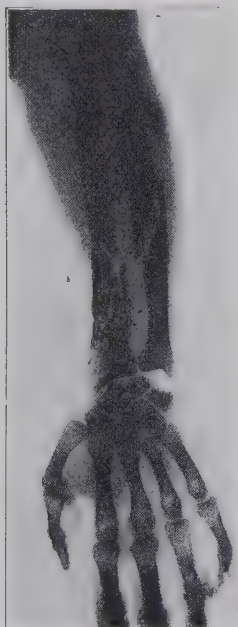
Sehr wesentlich hängt die Weite der Ausschußstrecke von dem Durchmesser ab, in welchem der Knochen durchsetzt wird: sie ist um so größer, je mehr der Weg des Projektils mit dessen bedeutendster Ausdehnung zusammenfällt. Aber auch tiefergehende Rinnenschüsse, bei denen das Mark eröffnet ist, können unter Vermittlung dieses Faktors erhebliche Verwüstungen anrichten.

Endet die Weichteilzerstörung schon vor der Haut, so setzt sie sich noch eine Strecke weit in einem Kanale fort, welcher den Weg des Projektils darstellt. Da sich dieses fast stets deformiert, so ist auch dieser Teil der Ausschußstrecke meist für 2 Finger durchgängig und seine Umgebung mehr oder weniger gequetscht. Größere Blutgefäße, welche in seinem Bereiche, sowie dem der Zertrümmerungshöhle liegen, werden regelmäßig zerrissen, während Sehnen und Nerven häufig Widerstand leisten.

In der Ausschußstrecke, sowie den anliegenden Weichteilen findet man neben losen Splittern beinahe ständig Reste des Projektils. Selbst die festen Mantelgeschosse werden beim Auftreffen auf die starken Diaphysen gestaucht, aus ihrem Zusammenhange gerissen und bleiben nun teilweise oder seltener bei Fernschüssen ganz stecken. Bei 50 pCt. aller Frakturen der langen Schaftknochen, bei 75 pCt. der Femur- und Tibiabrüche erhoben wir derartige Befunde, abgesehen von den Bleimarken, welche den Verlauf des Schußkanals anzeigten. Alle Grade der Deformation wurden dabei beobachtet. Wir sahen Abplattungen des Geschosses an

seiner Spitze und an den Seiten mit oder ohne Mantelriß, Stauchung des Kerns mit teilweiser oder gänzlicher Abstreifung seiner Hülle, schließlich vollständige Zerschellung des Projektils. Je höher seine lebendige Kraft, je härter die Knochen, auf welche es aufgeschlagen hatte, desto größer waren auch die Veränderungen des zuweilen vollständig umgedrehten und aus seiner Bahn gelenkten Geschosses (Fig. 68).

Fig. 68.



Schußbruch des Unterarmes.

Gedrehtes 8 mm Mantelgeschöß. 800 m Distanz.

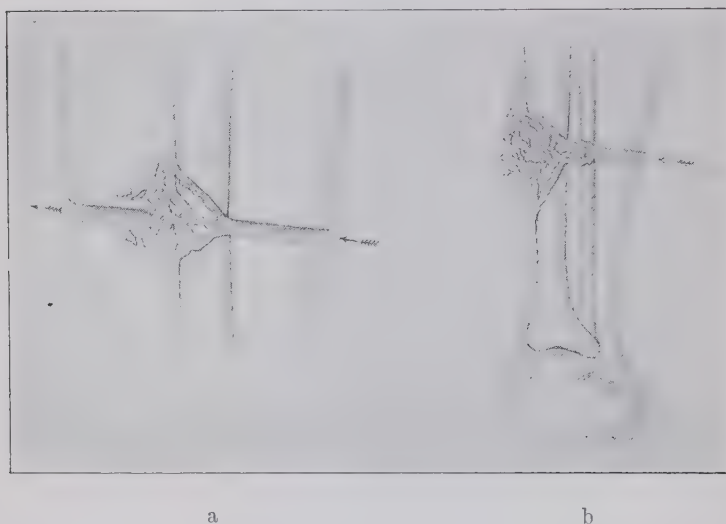
(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

Häufig fanden wir nur Reste des leichteren Mantels noch im Körper vor, während das schwere Blei weiter geflogen war. Erst etwa bei 1300 m Distanz blieben auch ganze, nur wenig beschädigte Projektile stecken.

Die Deformation erhöht natürlich die Weichteilverletzung, doch ist diese nur zum kleinsten Teile hierauf zurückzuführen.

Besteht nun neben der Zertrümmerungshöhle hinter der Diaphyse noch ein gesonderter, röhrenförmiger Kanal, so entspricht ihm der Ausschuß in Form und Gestaltung; sein größter Durchmesser beträgt 20, 30, höchstens 40 mm. Ist jedoch der genannte Raum so umfangreich, daß er noch die Haut erreicht, oder liegt diese direkt über der zermalnten Diaphyse, so ist die Austrittsöffnung des Projektils aus dem Körper entsprechend größer. (Fig. 69.) Enorme Ausdehnung

Fig. 69.



Schematische Darstellung der Entstehung der Hautausschußöffnung bei Knochenschüssen.

erlangen die Ausschußöffnungen daher bei Verletzungen aus nächster Nähe (Figur 70b), selbst wenn der Knochen, wie der Humerus und Femur von dicken Fleischmassen umgeben ist; relativ klein sind sie bei Verwundungen aus mittleren und weiteren Distanzen (Fig. 70c). Ersteres stellen die Fälle dar, in denen der Gegner ungerechtfertigter Weise des Gebrauchs von Dum-Dumgeschossen beschuldigt wurde.

Aus den erörterten Gründen sind ferner die Ausschüsse an allen dicht unter der Haut liegenden Schaftknochen, wie

Tibia und Ulna, groß, wenn das Projektil von der Weichteilseite herkommt (Fig. 69b), umgekehrt jedoch ebenso wie bei allen von dicken Fleischmassen umhüllten Diaphysen klein (Fig. 69a), da dann selbst größere Zertrümmerungshöhlen nicht über das Gebiet der Muskulatur hinausreichen.

Die größte Ausschußöffnung, welche ich im Felde sah, gehörte einem Oberarme an. Ich fand eine Wunde von 11 cm Länge und 8 cm Breite, welche sich fast über  $\frac{1}{3}$  des Humerus erstreckte. Aus diesem riesigen Defekte hing die Muskulatur und Fascie in Fetzen heraus; ein großes, trichterförmiges Loch führte bis auf den zertrümmerten Knochen.

Dann ist es in der Tat oft unmöglich, eine Verletzung durch Dum-Dum-Geschosse mit voller Sicherheit auszuschließen, da bei ihrem Gebrauche derartige Weichteilverletzungen die Regel bilden (Fig. 70d).

Nach von Bruns' Untersuchungen findet man hier bis zu 200 m Distanz hinter der Diaphyse Zertrümmerungshöhlen von Faustgröße, bei 400 m vom Umfange eines Gänseeies, schließlich bei 600 m noch von der Ausdehnung eines Hühnereies.

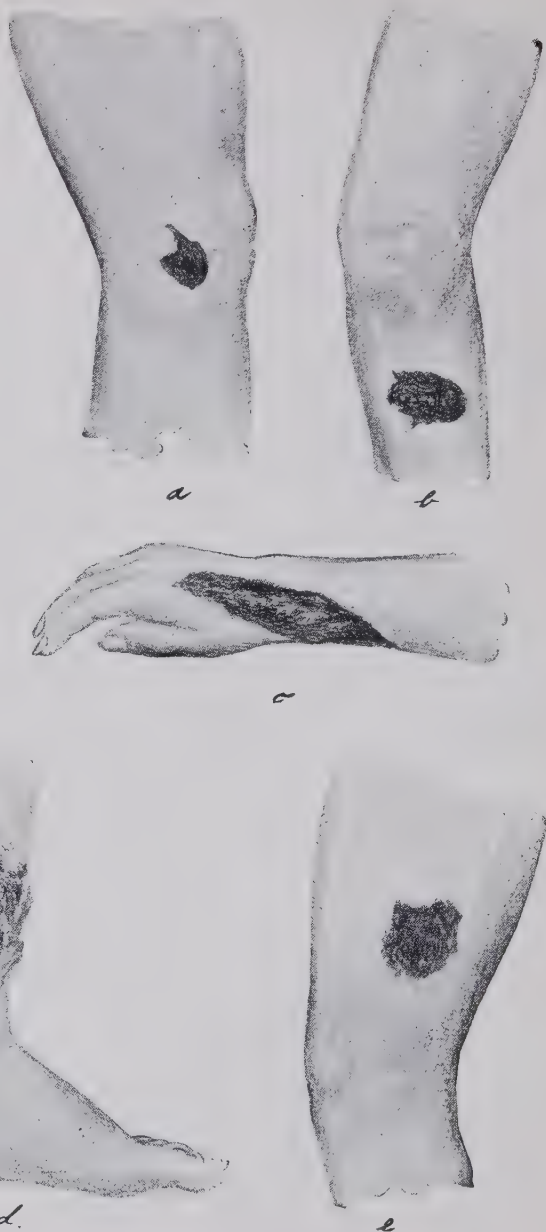
Die Ausschußöffnung ist bei den nahen Entfernungen stets enorm groß, sie mißt in der Länge 8—20, in der Breite 6—15 cm und ist niemals einfach schlitzförmig, sondern stellt einen mächtigen Substanzverlust dar, aus welchem Muskel und Sehnenfetzen nach außen heraushängen (Fig. 70d). Bei Distanzen von 200—400 m hat der Defekt eine Länge von 5—16 cm, eine Breite von 3—11 cm; die Haut ist häufig in 2, 3, selbst 4 und 5 Längsrissen aufgeplatzt. Noch bei 600 m mißt die Oeffnung in ihrem größten Durchmesser 5 cm und darüber.

Auch bei Verwundungen durch Vollmantelgeschosse beobachtet man nicht selten mehrere Ausschüsse; sie entstehen durch Teilung des Projektils oder mitgerissene Knochensplitter, die man zuweilen noch in der äußeren Wunde vorfindet.

Die Weichteilverletzung ist bei Frakturen der Diaphysen durch die älteren Bleigeschosse in den nächsten Entfernungen infolge der wohl stets eintretenden Zerschellung der Geschosse meist noch stärker, als bei den modernen, kleinkalibrigen Projektilen. Man sah bekanntlich im deutsch-französischen Kriege Ausschußöffnungen, welche nach den damals geltenden Anschauungen auf Explosionsgeschosse zurückgeführt werden mußten, bis erkannt wurde, daß es sich

Fig. 70.

- |    |       |                     |               |                                      |
|----|-------|---------------------|---------------|--------------------------------------|
| a. | 8 mm  | Stahlmantelgeschöß. | Nabe Distanz. | Tibiadiaphyse.                       |
| b. | "     | "                   | "             | Radius und Ulnadiaphyse.             |
| c. | "     | "                   | "             | Radius und Metacarpus (Aufschläger). |
| d. | "     | Teilmantelgeschöß.  | 200 m         | Tibia und Fibuladiaphyse.            |
| e. | 11 mm | Bleigeschöß.        | Nabe Distanz. | Femurdiaphyse.                       |



Hautausschußöffnungen bei Knochenbrüchen.



Fig. 70a.



	Nahe Distanz.	Femurepiphyse und Patella.
f. 11 mm Bleigeschoß.	400 m	Oberarmdiaphyse.
g. 8 mm Stahlmantelgeschöß.	400 m	Oberarmdiaphyse.
h. 11 mm Bleigeschoß.	600 m	Femurepiphyse.
i. 8 mm Stahlmantelgeschöß.	600 m	Femurepiphyse.
k. 11 mm Bleigeschoß.		

um Nahschüsse handelte. Die Haut war hier oft in der Ausdehnung eines Handtellers zerrissen; in furchtbaren Wunden lagen zertrümmerte Muskulatur und Fascie, Sehnenstümpfe, gequetschte Gefäße und Nerven frei zu Tage (vgl. Fig. 70e).

In mittleren und weiteren Distanzen ist die Zertrümmerungshöhle hinter der Diaphyse kleiner, als bei den Verletzungen durch die jetzt gebräuchlichen Mantelgeschosse, da die Splitter weniger zahlreich, größer, mit dem Knochen noch durch Periost im Zusammenhange sind, dagegen sind der eigentliche Schußkanal und die äußere Oeffnung infolge des größeren Kalibers und der stets dazu kommenden Stauchung weiter. (Fig. 70h).

Aehnliche Bilder, wie die zuletzt geschilderten, erhalten wir auch bei den Verletzungen durch Shrapnellfüllkugeln; ist doch die lebendige Kraft der letzteren bei einer Entfernung des Sprengpunktes von 50—100 m vom Ziele (V. ca. = 235—190 m) annähernd gleich der eines älteren Bleigeschosses, welches aus 1000—1500 m abgefeuert wurde. So finden wir Zertrümmerungshöhlen von nur mäßiger Ausdehnung, Ausschüsse, welche infolge der Abplattung der Kugel größer, als dem Kaliber entsprechen würde, also auch weiter sind, als die Einschüsse, trotzdem bei den ersteren infolge der Minderung der Geschwindigkeit die Elastizität der Haut vollständiger zum Ausdruck kommen kann.

Infolge einer Teilung des Projektils sieht man nicht selten mehrere, 2, 3, selbst 4 Oeffnungen. In ca. 60 pCt. aller Shrapnellfrakturen endet der Schußkanal blind; wohl stets findet man im Körper zurückgebliebene einzelne Bleistücke.

Gleich mannigfach, wie die Knochenverletzung durch grobes Geschütz und verschieden in Ausdehnung und Intensität fällt auch die sie begleitende Weichteilverletzung aus. Namentlich bei den Verwundungen durch die Sprengstücke der Feldhaubitgranate beobachtet man enorme Verwüstungen, welche von der Diaphyse bis in die Haut hineinreichen. In anderen Fällen wiederum sieht man nur ganz geringfügige Zerstörungen, enge Schußkanäle, minimale äußere Oeffnungen, zuweilen Schlitz ohne Defekt.

## 7. Die Symptome und Diagnostik der Diaphysenverletzungen mit Kontinuitätstrennung.

Die Splitterfrakturen der Diaphysen sind infolge der schweren Weichteil- und Knochenverletzung, der vielen auf

die Nerven drückenden und an ihnen zerrenden Bruchstücke meist mit bedeutenden Schmerzen verknüpft. Zuweilen schon im Momente der Verwundung auftretend, nehmen diese allmählich zu und erreichen bald eine außerordentliche Intensität, namentlich wenn das getroffene Glied, wie bei allen Transporten, nicht ruhig gelagert werden kann. Auch bei den einfachen Frakturen pflegen die Patienten meist lebhaftes Klagen zu äußern, sodaß dies Symptom beinahe als pathognomonisch für die Verletzung eines Knochens betrachtet werden kann.

Mit dem Schmerze Hand in Hand geht der Shock, welcher, in seiner Stärke außerordentlich variabel, zuweilen sogar bedrohliche Dimensionen annehmen kann. Doch ist die leichtere Form, die erethische, entschieden häufiger, als die torpide. Fast regelmäßig trifft man bei den Schußbrüchen der Diaphysen auf Erscheinungen lokalen Stupors; das Glied wird unbeweglich, seine Muskeln schlaff, die Haut empfindungslos. Dieser Zustand pflegt jedoch bald zurückzugehen; länger dauernde Lähmungen und Anästhesien sieht man nur dann, wenn gleichzeitig der Nerv geschädigt ist.

Die Blutung ist infolge der vielen zerrissenen Gefäße des Markes, der Zertrümmerung der Muskelsubstanz meist recht erheblich. Bei kleinen Hautöffnungen, wie wir sie ja in der Regel am Oberschenkel und Oberarm vorfinden, kommt es dann zuweilen, da der äußere Abfluß fehlt, zu enormen Schwellungen, welche sich entlang den bindegewebigen Interstitien erstrecken, nicht selten die Venen und Lymphgefäße komprimieren und so schwere Stauungserscheinungen hervorrufen. Ist dagegen der Ausschuß groß, so kann sich das Blut ungehindert aus dem Körper ergießen, und man begegnet oft bedenklichen Hämorrhagien.

Die gewöhnlichen Zeichen eines Knochenbruches, abnorme Beweglichkeit, Krepitation und Deformität sind bei den schweren Diaphysenfrakturen mit Splitterung meist stark ausgeprägt, können jedoch bei den einfachen Formen ganz fehlen, dann, wenn die Fragmente noch durch das Periost zusammengehalten sind. In der Regel pflegt auch hier die Kontinuitätstrennung vollständig zu werden, sobald der Patient Bewegungen macht oder bei Verwundungen an den unteren Extremitäten angehoben wird.

Liegt die Diaphyse dicht unter der Haut, wie die Tibia, die Ulna u. a., so kann man bisweilen in ihre Einschuß-

defekte direkt hineinschen. An manchen Orten, z. B. der Mittelhand, liegen die Knochen so dicht aneinander, daß wenigstens Projektile mit größerem Querschnitte sie schlecht vermeiden können; bei der Beurteilung der Verletzungen durch die kleinkalibrigen Geschosse muß man jedoch stets daran denken, durch welch' enge Passagen sie hindurch schlüpfen können, ohne Schaden anzurichten.

Von großer Wichtigkeit für die Beantwortung der Frage, ob eine Fraktur vorliegt, ist die Größe des Ausschusses. Nach den Untersuchungen der Medizinal-Abteilung über die Wirkung der modernen Handfeuerwaffen kommen hierbei Hautöffnungen von über 3,5 cm Länge an den Extremitäten nur bei Schüssen durch die Diaphysen vor. Unrichtig wäre es aber, ohne weiteres hieraus einen Schluß auf die Ausdehnung der Knochenzerstörung ziehen zu wollen, da kleine Ausschüsse, wie auseinandergesetzt, auch bei schweren Zertrümmerungen vorkommen, während allerdings größere Löcher darauf hinweisen, dass eine erhebliche Verletzung der kompakten Zone vorliegt.

In weiteren Distanzen (etwa über 1000 m) unterscheiden sich die Hautausschüsse bei den Frakturen der Diaphysen von denen bei reinen Weichteilwunden einmal dadurch, daß runde Oeffnungen bei ihnen nur höchst selten vorkommen. und zweitens durch ihre Größe. Es beträgt ihr mittlerer Durchschnitt ungefähr (nach M.-A.)

bei Knochenschüssen				bei reinen Weichteil-	
				verletzungen	
in	100 m	. . .	23 mm		9,5 m
"	200 "	. . .	17 "		9,2 "
"	600 "	. . .	12,7 "		8,0 "
"	1000 "	. . .	8,8 "		7,3 "
"	1200 "	. . .	8,3 "		6,0 "
"	1600 "	. . .	6,7 "		5,7 "
"	2000 "	. . .	7,0 "		5,7 "

Mehrere Auschußöffnungen bei nur einem Einschusse setzen fast stets einen Knochenbruch voraus; doch kann es in seltenen Fällen, wie ich selbst zu beobachten Gelegenheit hatte, vorkommen, daß ein Projektil, welches schon als Aufschläger in den Körper drang, in demselben infolge der Passage durch widerstandsfähige Weichteilgebilde, wie Sehnen oder Fascien, vollends aus seinem Zusammenhange gerissen wird, und nun seine einzelnen Teile

sich gesonderte Austrittswege suchen. Dagegen lassen die Deformation eines in normaler Stellung auf die äußeren Bedeckungen getroffenen Geschosses, die Anwesenheit von Knochensplintern oder Grus in einer Hautwunde, das Ausfließen von Mark trotz fehlender Fraktursymptome keine Zweifel mehr übrig.

Alle diese Erwägungen werden natürlich unnötig, wenn wir X-Strahlen zur Verfügung haben; es geben uns diese zugleich die Möglichkeit, den Typus der Fraktur genau zu bestimmen, ein Moment, welches für die Prognose, wie wir nachher sehen werden, von großer Wichtigkeit ist. Wir verweisen in dieser Richtung auf die zahlreichen Röntgenbilder, die wir, um die Verhältnisse in situ wiederzugeben, den Photographieen von Präparaten zum Vergleiche zugefügt haben.

Ist hierdurch die Form und Ausdehnung der Diaphysenverletzung genau bestimmt worden, so läßt sich auch weit sicherer, als durch die Größe der Hautausschußöffnung die Entfernung erkennen, aus welcher das Projektil abgefeuert wurde. Es deutet Zertrümmerung des Knochens in viele, kleine Splitter auf Nahschüsse, die Zerlegung desselben in wenige, größere Bruchstücke auf weitere Distanzen, einfache Quer- oder Schrägbrüche auf matte oder tangential auftreffende Geschosse, wie wir ja des genaueren geschildert haben.

#### d. Der Verlauf und die Prognose der Schußfrakturen der Diaphysen.

Es ist noch nicht allzu lange her, daß mit einer komplizierten Fraktur im Kriege der Begriff einer Eiterung untrennbar war. Zwar hatte man schon in früheren Feldzügen beobachtet, daß auch eine solche Wunde reaktionslos gleich einer subkutanen Verletzung heilen konnte; doch waren dies Kuriosa, welche ein Chirurg dem anderen zeigte. Nun können wir allerdings noch immer nicht das umgekehrte Verhalten als Regel hinstellen; jedoch ist eine Heilung per primam weit häufiger, als das Auftreten einer Entzündung.

Bestimmend für den Verlauf einer Schußfraktur ist es, ob sie infiziert wird oder nicht. Dies hängt, wie schon v. Volkmann nachwies, nicht von der Knochenzerstörung, sondern der Ausdehnung der Weichteilverletzung, insbesondere dem Umfange der Hautöffnungen



ab. Je größer diese, je weiter der Schußkanal, desto günstiger sind die Bedingungen für die Ansiedlung und die Weiterwanderung pathogener Mikroorganismen. Es ist daher trotz der sorgfältigsten Therapie kaum zu vermeiden, daß Diaphysenbrüche aus nächster Nähe mit großen Ausschüssen in Eiterung übergehen. Hier gelingt es nur selten, einen aseptischen Verlauf zu erzielen, während dies bei Verwundungen mit modernen Gewehrprojektilen aus weiterer Entfernung, welche infolge der Kleinheit ihrer äußeren Oeffnungen mehr subkutanen Frakturen gleichen, trotz schwerer Knochenzertrümmerung meistens der Fall ist.

Sobald eine Infektion vermieden wird, können auch die schwersten Comminutivfrakturen zur Genesung gelangen, ohne daß der kleinste Splitter, ob er nun noch mit dem Perioste in Zusammenhang steht oder nicht, wieder ausgestoßen zu werden braucht. Dann ist auch eine Nekrose der stehen gebliebenen zackigen Stümpfe stets ausgeschlossen, selbst wenn sie auf weite Strecken von der Knochenhaut entblößt waren. Zuweilen sieht man allerdings schon längst vernarbte äußere Wunden, obwohl die Bruchenden schon lange konsolidiert waren, späterhin wieder aufbrechen und Sequester nach außen entleeren. Meist geschah dies im Anschluß an Bewegungen des Gliedes; dann waren noch nicht alle Mikroorganismen in der Tiefe abgestorben und wurden nun durch den Reiz zu neuer Wirksamkeit entfacht.

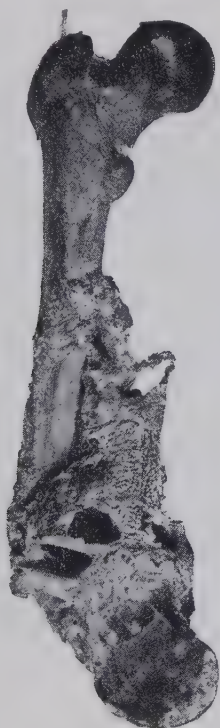
Weit häufiger jedoch, als diese Spätnekrosen sind diejenigen mortifizierenden Prozesse, welche sich schon frühzeitig an eine mehr oder weniger akut einsetzende Eiterung etablieren. Man beobachtet hier zwei Formen, welche sich im wesentlichen durch ihre Intensität von einander unterscheiden.

Die erste, nunmehr unter der aseptischen Aera der Wundbehandlung im Felde die häufigste, vordem die seltenste Gruppe verläuft ohne allgemeine Erscheinungen lediglich unter geringfügigen lokalen Störungen. Die Hautöffnungen bleiben lange offen; es entleeren sich aus ihnen von Zeit zu Zeit Koagula und spärliches Sekret nebst Grus und Splittern. Dieser Prozeß kann sich, wenn nicht operative Hilfe geleistet wird, über viele Monate hinziehen, da nicht alle Sequester zu gleicher Zeit durch die nachrückenden Granulationen ausgestoßen werden können. Mittlerweile heilt die Fraktur, meist durch einen Callus luxurians, welcher sämtliche nicht

gelöste, noch vom Periost bekleidete Bruchstücke umfaßt. Es schließen sich endlich die Fistelgänge; der Patient ist genesen.

Bei der zweiten Form treten von vornherein schwere lokale und allgemeine Störungen auf. Bald nach dem

Fig. 71.



Verwundung durch einen Granatsplitter. Tod ein Jahr später  
an Erschöpfung.  
(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

Trauma schwillt das Glied an; die Umgebung der Wunden wird gerötet, stark druckempfindlich; die Temperatur steigt allmählich oder plötzlich an; der Kranke zeigt die bekannten Symptome einer schweren örtlichen Infektion. Das Sekret ist anfangs dünnflüssig, übelriechend und enthält abgestorbene

Gewebestrümmen und Knochengrus in großer Menge, wird mit Nachlaß der ersten heftigen Erscheinungen purulenter. Allmählich stoßen sich immer mehr Splitter aus, so daß schließlich nur noch die ganz großen, vollständig vom Periost überzogenen persistieren. Sehr spät erst tritt die Konsolidation ein, indem sich ein mächtiger Kallus entwickelt (Fig. 71).

Wir haben damit kurz das Schicksal skizziert, wie es den Verwundeten mit Schußfrakturen in früheren Feldzügen

Fig. 72.



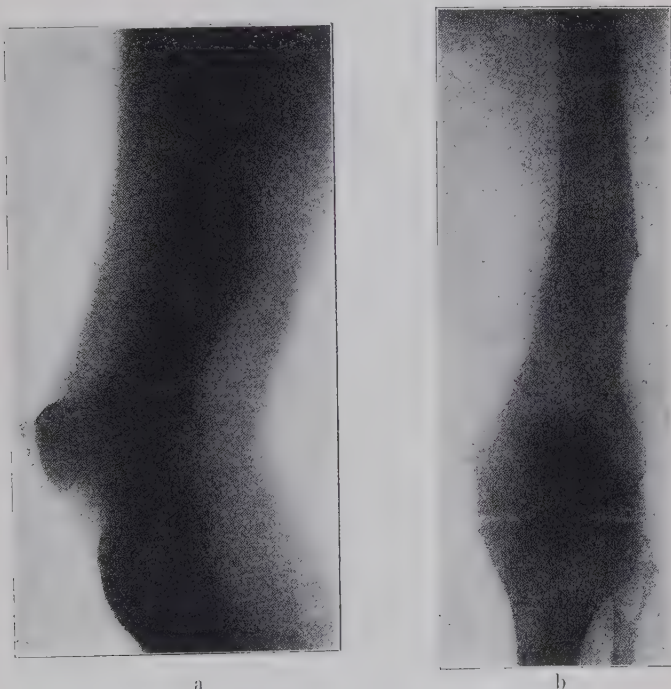
Geheilte Humerusfraktur aus dem Kriege 1870/71; Bleigeschoß.  
(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelm-Akademie.)

fast regelmäßig beschieden war; meist hat es nicht nur Monate, sondern Jahre gedauert, bis der Prozeß schließlich zum Stillstande kam, falls der Patient nicht vorher der Sepsis, Amyloid oder einer anderen, interkurrenten Krankheit erlegen war. Sehr häufig war auch dann noch die Heilung von keiner langen Dauer; unter heftigen Entzündungserscheinungen brachen die längst vernarbten Hautöffnungen wieder auf und entleerten von neuem Knochensplitter. Die

Zahl der Eingriffe, welche nötig wurden, um Genesung zu schaffen, war oft recht bedeutend.

Die Heilungsdauer der Diaphysenschüsse bei aseptischem Verlaufe hängt im großen und ganzen von der Ausdehnung der Knochenzerstörung ab; je umfangreicher diese ausgefallen ist, desto längere Zeit vergeht bis zur Ge-

Fig. 73.



Geheilter Oberschenkelbruch aus dem Jahre 1870/71.  
(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

nesung. Die einfachen Quer- und Schrägbrüche werden etwa in derselben Zeit wie im Frieden fest; dagegen ist die Konsolidation bei den stark gesplitterten Brüchen, wie sie namentlich nach Volltreffern durch die modernen Gewehrprojekte beobachtet werden, um mindestens 1--2 Wochen verzögert. Es ist dies wohl zu verstehen, wenn man bedenkt, wie groß die Diastase der Fragmente, wie zahlreich

die Stücke, in welche die Diaphysen zerfallen. Wenn man Bilder wie Fig. 62 betrachtet, erscheint es wunderbar, wie dort überhaupt eine feste Vereinigung zu stande kommen konnte, und doch haben wir im Burenkriege noch schwerere Zertrümmerungen anstandslos dauerhaft zusammenheilen sehen.

Fig. 74.



Mit starker Verkürzung geheilte Oberschenkelfraktur.  
(Nach v. Volkmann.)

Starke Kallusmassen, welche allerdings zuweilen auffallend lange weich bleiben, umklammern die Bruchenden und führen so die Konsolidation herbei.

Mit dem Eintritte derselben ist natürlich noch immer nicht die Brauchbarkeit des Gliedes wiederhergestellt, hierzu gehört unter den schwierigen Verhältnissen des Krieges mindestens dieselbe Zeit, wie zur Heilung der Knochenverletzung.



Am günstigsten verhalten sich wiederum die einfachen Quer- und Schrägbrüche, namentlich an den oberen Extremitäten; hier ist unter einer rationellen Therapie fast mit Sicherheit auf völlige Funktionsfähigkeit zu rechnen (Fig. 72 und 73). Wenig zufriedenstellend sind dagegen die Resultate bei schweren Splitterfrakturen insbesondere des Oberschenkels, bei denen es fast regelmäßig zu einer bedeutenden Verkürzung kommt. Es ist dies nicht weiter auffällig, wenn man sich mal eine Reihe von Röntgenbildern hiervon betrachtet. Die Fragmente sind aneinander vorbeigeschoben; bei starker Extension gelingt es zwar, sie einander gegenüber zu stellen, doch klappt dann zwischen ihnen ein weiter Raum, welcher mit Splintern ausgefüllt ist. Bei der langen Dauer der Heilung ist unmöglich eine exakte Fixation der Bruchenden fortwährend durchzuführen, sodaß hier eine Verkürzung als unumgängliches Uebel mit in den Kauf zu nehmen ist. Ueberschreitet dieselbe nicht 5 cm, so ist kaum dem Arzte daraus ein Vorwurf zu machen. Resultate allerdings, wie sie Fig. 74 zeigt, bei einfachen Frakturen müssen als höchst bedauerlich hingestellt werden.

Sämtliche Formen der Dislokation werden beobachtet, namentlich wenn Eiterung eintritt. Da hier keine genügende Feststellung der Fragmente zu erzielen ist, hat der Muskelzug und die eigene Schwere oft hochgradige Deformitäten zur Folge. Zuweilen sieht man allerdings trotzdem eine auffallend gute Gebrauchsfähigkeit des Gliedes, namentlich bei energischen Menschen; meist wird dadurch jedoch die Funktion sehr beeinträchtigt.

Die Ausbildung von Pseudarthrosen gehörte früher zu den seltensten Ereignissen, ist jetzt aber entschieden häufiger geworden. Einmal trägt hierzu die ausgedehnte Splitterung und zweitens der aseptische Verlauf bei. Es sind deshalb auch Refrakturen nicht selten beobachtet, zuweilen an der unteren Extremität, nachdem der Patient schon eine geraume Zeit herumgegangen war. Natürlich ist nicht jede Verzögerung der Konsolidation, wie wir sie namentlich am Femur beobachteten, eine Pseudarthrose zu nennen. So sah ich z. B. noch eine volle Beweglichkeit der Fragmente bei einem Oberschenkelsschusse 3 Monate nach der Verwundung; als der Patient 10 Wochen später wieder untersucht wurde, war die Fraktur konsolidiert, allerdings in einer solchen Stellung, daß das Bein so gut wie unbrauchbar war.

Zuweilen gibt auch ein übermäßiger Kallus, welcher Gefäße und Nerven komprimiert, Anlaß zu dauernden Beschwerden; er verursacht Neuralgien, Anästhesien oder Parästhesien, Muskellähmungen, trophische Störungen, Oedeme und hochgradige Atrophien des Gliedes. Wie nun die überflüssige Knochenwucherung zum Teil wieder schwindet, so bessern sich auch diese Zustände, wenn der Druck zurückgeht, unter dem Einflusse des gesteigerten Blutzuflusses bei der Wiederaufnahme der Tätigkeit. In manchen Fällen vermindern sie allerdings dauernd die Gebrauchsfähigkeit der Extremität in hohem Grade oder machen sie für wenig energische Persönlichkeiten ganz unmöglich.

Ferner können mit dem Knochen verwachsene, oft recht schmerzhafte Narben, wie sie namentlich nach Nahschüssen mit großer Weichteilverletzung auftreten, Kontrakturen nach hochgradiger Muskelzertrümmerung ständig die Funktion beeinträchtigen. Infolge zu langer fortgesetzter Fixation der oberhalb und unterhalb der Wunde gelegenen Gelenke oder auch nach entzündlichen Prozessen in deren Umgebung können Kapsel und Bänder schrumpfen und sich Ankylosen bilden.

Alle diese Umstände machen es erklärlich, daß immer noch eine große Zahl der Verwundeten mit Schußfrakturen dauernd geschädigt bleibt, wenn auch die Resultate der konservativen Behandlung gegenüber früheren Feldzügen bedeutend besser geworden sind. Während z. B. Socin, welcher nach den Anschauungen der damaligen Zeit gute Erfolge erzielt hatte, unter 9 Oberschenkelbrüchen nur einen Patienten zu verzeichnen hatte, welcher ohne Stock gehen konnte, wurden von 83 Femurfrakturen der amerikanischen Armee in den Kämpfen auf Kuba und den Philippinen 51 pCt. wieder vollständig felddienstfähig, eine ganz enorme Ziffer, wenn man bedenkt, wie leicht der Soldat der „Verinigten Staaten“ sich seine Pension verdient. Im ganzen wurden hier in den Jahren 1898/99 22 pCt. sämtlicher mit einer Kontinuitätstrennung verbundener Extremitätenverletzungen invalidisiert; an erster Linie kam Femur mit 49 pCt., danach Humerus und Unterarm mit je 29,0, Unterschenkel mit 23,2, Hand mit 18,0, Fuß mit 7 pCt.

Ebenso wie die Prognose quoad functionem sich gebessert, so hat sich die Mortalitätsziffer der Schußfrakturen der langen Röhrenknochen ganz enorm gemindert.

So starben in der Krim:

von den Franzosen . . . 25,2 pCt.

von den Engländern . . . 10,6 pCt.

im amerik. Rebellionskriege 18,0 pCt. (ohne Angaben über einen Todesfall an Unterarm, Hand, Fuß)

1870/71 bei den Deutschen 22,6 pCt.

in der amerik. Armee 1898/99 3,2 pCt. (597 Fälle).

Natürlich wird die Besserung auch nachgewiesen, wenn man die Sterblichkeit nach Schußfrakturen der einzelnen Extremitätenknochen in verschiedenen Feldzügen mit einander vergleicht.

Es starben von 100 Verwundeten unter den

	Franzosen in der Krim	Eng- ländern	Amerika- nern, im Re- bellions- kriege	Deutschen 1870/71	Amerika- nern 1898/99
mit Brüchen des Femur . . . . .	68,3	35,5	39,2	46,6	11,0 (82 Fälle)
mit Brüchen des Humerus . . . . .	26,3	8,6	18,1	20,0	6,8 (59 „ )
mit Brüchen des Unterschenkels . . . . .	24,3	10,0	16,0	31,5	5,7 (77 „ )
mit Brüchen des Unterarmes . . . . .	17,3	4,7	—	12,8	0 (75 „ )
mit Brüchen der Hand . . . . .	5,4	0,7	—	6,5	0,5 (207 „ )
mit Brüchen des Fußes . . . . .	12,7	5,9	—	16,9	0 (87 „ )

Wenn nun auch die Verwundungen 1898/99 in der amerikanischen Armee nicht annähernd dieselbe Höhe erreichten, wie in den übrigen hier erwähnten Feldzügen, so eignen sie sich trotzdem zu einem Vergleiche, da die geringere Zahl der Beobachtungen reichlich durch ihre Genauigkeit aufgewogen wird, abgesehen davon, daß wir keine anderen Ziffern zur Verfügung haben.

Am gefährlichsten sind die Verletzungen an der unteren Extremität. So endeten von 169 Brüchen der langen Röhrenknochen des Beines 14 = 8 pCt., von 134 Frakturen des Armes 4 = 3 pCt. tödlich. Auch hier machte man stets die Wahrnehmung, daß die Wunde desto

bedenklicher ist, je näher sie dem Rumpfe liegt. Auf Humerus und Femur entfielen 72 pCt. der Mortalität, trotzdem ihre Frakturen nur 46 pCt. der Gesamtsumme aller Schaftbrüche ausmachten. So erweist sich denn auch am Femur das obere Drittel als das gefährlichste.

Die Ursache des Todes kann verschieden sein. Ein Teil der Verwundeten erliegt bald nach dem Trauma Blutungen aus größeren Gefäßen oder, namentlich bei Verletzungen durch grobes Geschütz dem Shock; ein anderer Teil stirbt in den Lazaretten an jauchigen oder brandigen Phlegmonen, Osteomyelitis, Entzündungen benachbarter Gelenke, Septikämie, seltener Pyämie oder Tetanus. Schließlich enden noch einzelne Patienten bei zu lange Zeit fortgesetzter konservativer Behandlung infolge erschöpfender Eiterung an amyloider Degeneration der inneren Organe, Tuberkulose oder Marasmus, oft erst viele Monate später.

Worauf beruht nun die enorme Herabsetzung der Sterblichkeit, welche sich in den mitgeteilten Zahlen wieder spiegelt?

Das Kaliber des verwendeten Geschosses hat nur geringen Einfluß auf die Mortalität: es endeten im amerikanischen Heere von 99 Frakturen der Extremitätsdiaphysen durch kleinkalibrige Projektile 6 pCt., von 64 Kontinuitätstrennungen durch gröbere (11 mm) Bleigeschosse 4,7 pCt. tödlich.

So kann es nur die verbesserte Therapie sein, welcher wir das Leben und die Gesundung unserer Krieger verdanken.

#### 4. Die Behandlung der Schußfrakturen der Diaphysen.

Die Grundsätze, welche wir jetzt bei der Therapie der Schußfrakturen an den Extremitäten verfolgen, verdanken wir von Bergmann, welcher nach ihnen zuerst im letzten russisch-türkischen Kriege verfuhr und damit eine neue Ära der Behandlung der offenen Knochen-Verletzungen schuf. Er brach mit dem bis dahin geübten Verfahren der Desinfektion, des primären Débridements und der Drainage der Wunde und zeigte, daß diese als aseptisch zu betrachten sei. Wir selbst haben in Südafrika Gelegenheit gehabt, nebeneinander Schußfrakturen zu sehen, welche nach der von Bergmannschen Lehre steril verbunden und

immobilisiert wurden und solchen, welche primär aufs gründlichste gereinigt, befangert, sondiert und tamponiert waren. Unter den letzteren war nicht eine einzige, welche nicht vereitert wäre, eine ganze Zahl, die zur Amputation gelangten und trotzdem nicht zu retten waren, während bei uns in der Regel, wenigstens bei den Verletzungen mit kleinen und mittleren Hautöffnungen, reaktionslose Heilung eintrat.

Wir verfahren dabei folgendermaßen: Wir säuberten die Umgebung der Wunden, welche wir durch einen Bausch steriler Watte oder Gaze vor Berührung geschützt hatten, mit Aether oder Alkohol. Das Wasser, welches wir in Südafrika zur Verfügung hatten, diente, wie sich Küttner drastisch ausdrückt, einem besseren Zwecke, als der Hautreinigung, es wurde ausgetrunken. Daher konnten wir unsere Hände meistens nicht desinfizieren; einen Nachteil habe ich davon aber niemals gesehen, da wir nach Königs Vorschriften die Finger aus der Wunde ließen und die Verbandmaterialien stets nur mit Instrumenten berührten. Hat man nun die Umgebung der Hautöffnungen, so gut es eben gehen will, gesäubert, so bedeckt man sie durch sterile, mit Sublimat oder Jodoform imprägnierte Gaze. Ich habe nicht lange gesucht, sondern wählte den mir gerade zur Hand befindlichen Stoff; die Resultate blieben stets dieselben. Waren die äußeren Wunden klein, so befestigten wir die Kompresse durch sich kreuzende Heftpflasterstreifen, waren sie größer oder bluteten stark, so legten wir einen regulären aseptischen Deckverband an. Primäre operative Eingriffe haben wir höchst selten auszuführen gehabt. Für die Blutstillung genügte in der Regel eine mäßige Kompression; um die Splitter bekümmerten wir uns nicht, es sei denn, daß sie frei zu Tage traten. Dann mußten sie natürlich entfernt werden.

Ein anderes Verfahren ist jedoch häufig empfehlenswert, wenn eine besonders große Weichteilverletzung vorliegt. Hier liegt die Gefahr sehr nahe, daß die Wunde vereitert; da ist die primäre Revision derselben angezeigt. Nach gründlicher Reinigung der Haut spaltet man den Schußkanal, trägt das stark zerquetschte und zerrissene Gewebe mit Messer oder Schere ab und entfernt die losgelösten Splitter, während man die noch mit dem Perioste in Zusammenhang befindlichen erhält, eventuell, wenn sie disloziert sind, wieder



in ihre alte Lage zurückbringt. Spitze hervorragende Knochenfragmente werden geglättet, an den tiefsten Stellen Drains eingelegt, nachdem man die Hauttaschen gespalten hat. Die Wunde wird offen gelassen und größtenteils mit steriler oder Jodoformgaze ausgestopft.

Besonders empfehlenswert ist diese Methode, wenn dem Verwundeten ein baldiger Transport mit allen seinen Gefahren bevorsteht. Doch erfordert eine solche Behandlung viel Zeit und ist nur in Narkose auszuführen. Man wird daher häufig darauf verzichten müssen, auch wenn man sie für angezeigt hält.

Wichtig und oft schwierig ist die sofortige Immobilisation. Wie ist sie zu erreichen? Ich kann an dieser Stelle nicht auf Details eingehen. Ein jeder Chirurg hat seine Liebhabereien und schwört auf sie: schließlich führen viele Wege zum Ziel. Für alle Fälle passend, für die Oberschenkelbrüche allein mit Sicherheit zum Ziele führend, ist ein gutsitzender Gipsverband. Allein dazu gehört Zeit und Assistenz, Dinge, mit denen es namentlich an Schlachttagen recht knapp bestellt ist. An den oberen Extremitäten macht die Feststellung der Schußfraktur keine Schwierigkeiten, wir legten hier, wenn kein Gips zur Hand war, Pappe- oder Schusterspan-Verbände an und hatten damit recht gute Erfolge. Bei Verletzungen des Unterschenkels und Fußes ist die Lagerung auf eine Volkmannsche T-Schiene das zweckmäßigste Verfahren; hier sind aber auch Improvisationen ungeheuer einfach und leicht. So bleibt nur das Femur übrig, welches uns allerdings oft in Verlegenheit setzt. Eine Extension mittelst Gewichte ist primär nicht möglich; hat man zum Eingipsen keine Gelegenheit, so muß man notgedrungen auf eine zuverlässige Fixierung verzichten. Am meisten empfiehlt sich noch die Lagerung auf ein *Planum inclinatum duplex*. Die Engländer verwandten in Südafrika mit anscheinend ganz zufriedenstellendem Erfolge die Hodgensehe Schiene, welche an der Außenseite des Gliedes angelegt wird, nach oben die Hüfte, nach unten den Fuß überragend. Nun kann nach beiden Seiten hin extendiert werden.

Die Verbände längere Zeit liegen zu lassen, ist meist im Kriege ein frommer Wunsch. Einmal geht der Verwundete durch zu viele Hände, welche sich alle von seiner Verletzung und deren Befinden überzeugen wollen, bis er schließlich an die Stätte gekommen ist, an der er seine Ge-

nesung abwarten kann, und zweitens zwingt nach jedem größeren Transporte die Verschiebung des Verbandes zum Wechseln.

Wenn möglich, soll man daher den Patienten mit einer Schußfraktur eines langen Röhrenknochens einige Tage, bei Oberschenkelbrüchen mindestens eine Woche in der Nähe des Schlachtfeldes im Feldlazarette lassen, bis man ihn weiterschafft. Diese Forderung wurde schon von Stromeier aufgestellt; sie behält trotz bequem eingerichteter Eisenbahnwaggon, Krankenwagen usw. noch immer ihre Geltung. Ein frühzeitiger Transport verschlechtert die Prognose ganz außerordentlich. Makins, Mac Cormac und andere englische Chirurgen sahen die Verwundeten, welche sie an der Front in gutem Zustande verlassen hatten, an der Basis schwer fiebernd, septisch wieder, nachdem sie hunderte von Meilen mit der Bahn oder zum Teil im Ochsenwagen zurückgelegt hatten. Auch unsere Patienten machten ein besseres Krankenlager durch, wenn sie die ersten Tage nach ihrer Verletzung in Ruhe gelassen waren.

Selbst wenn nun glatte Heilung eintritt, muß man die Immobilisation des Gliedes lange Zeit fortsetzen. Konnte man nicht sofort bei der ersten Untersuchung die exakte Reposition der Fragmente vornehmen, oder ergibt das Röntgenbild eine starke Verschiebung derselben, so soll man das Versäumte so bald als möglich nachholen, da die Splitterfrakturen einmal sehr leicht in schlechter Stellung heilen und zweitens sehr zu einer Verzögerung der Konsolidation geneigt sind. Beides wird am besten durch eine gute Adaptation der Bruchenden an einander vermieden. Nimmt man den Verband zu früh ab, so besteht die Gefahr der Refraktion, namentlich an den unteren Extremitäten. Man setzt daher die Fixation des Gliedes meistens 1—2 Wochen länger fort, als bei den Frakturen, welche man in der Friedenspraxis zu sehen bekommt. Dann beginnen Massage, passive und aktive Bewegungen, sowie alle die Maßnahmen, welche geeignet sind, die Funktion wiederherzustellen. Da infolge der langen Ruhigstellung, der schweren Weichteilverletzung die Muskulatur meist stark geschwunden und geschrumpft, die Gelenke versteift und schmerzhaft sind, gehört viel Mühe und Geduld von Seiten des Patienten und des Arztes dazu, um ein gutes Resultat zu erzielen. Schließlich wird aber auch meist die Energie sich belohnt machen.

Infiziert sich nun eine Fraktur, so ist eine aktive Therapie am Platze. Die Wunden müssen ausgiebig gespalten und nach Ausräumung der Blutkoagula, Entfernung loser Knochensplitter drainiert werden. Dann gelingt es noch häufig, der Eiterung Herr zu werden und das verletzte Glied zu retten.

So ist denn auch die Indikation zur Absetzung desselben immer mehr eingeschränkt, und trotzdem sind die Resultate besser geworden. Während noch 1870/71 in unserer Armee bei 16,7 pCt. aller Knochenbrüche die Extremität ganz oder teilweise geopfert werden mußte, lag die Notwendigkeit hierzu in dem amerikanischen Heere während der Jahre 1898/99 nur bei 5,2 pCt. dieser Verletzungen vor.

Wann ist nun die Amputation angezeigt? Primär darf sie nur dann ausgeführt werden, wenn neben einer weitgehenden Knochenzerstörung die Weichteile in großer Ausdehnung zermalmt sind, wie es hauptsächlich bei Verwundungen durch grobes Geschütz der Fall ist. Weder der Umfang der Splitterung, noch die Dimensionen, welche die Haut- und Muskelverletzung angenommen hat, bilden hier für sich allein eine Indikation zur Absetzung des Gliedes. Selbst die schwerste Diaphysenfraktur kann ohne operativen Eingriff heilen, gleichwie die größten Ausschüsse vernarben können, sogar ohne erhebliche Funktionsstörung, wenn man für rechtzeitige Deckung des Defekts durch gestielte oder ungestielte Lappen Sorge trägt. Ebenso bedingt die gleichzeitige Zerreißung der großen Gefäße und Nerven der Extremität keineswegs die sofortige Amputation, vorausgesetzt, daß wir ohne diese der Blutung Herr zu werden im stande sind. Wir warten dann ab, ob Gangrän eintritt, und wie weit diese reicht.

Wir entschließen uns nicht gern zur sofortigen Absetzung des Gliedes, weil die Prognose infolge des Shokes sehr schlecht ist.

In späteren Stadien des Wundverlaufes muß diese Operation vorgenommen werden, wenn die Eiterung und Phlegmone trotz tiefer Entspannungsschnitte und ausgiebiger Drainage vorwärts schreitet, wenn Brand eingetreten ist, oder wenn es zu Erscheinungen von Sepsis gekommen ist.

Schließlich kann die Absetzung der Extremität noch notwendig werden wegen amyloider Degeneration der inneren Organe, allgemeiner Körperschwäche bei andauernden Eite-

rungen, Infektion benachbarter Gelenke, oder sobald die konservative Behandlung überhaupt kein brauchbares Glied mehr verspricht.

## II. Die Schussverletzungen der Epiphysen der langen Röhrenknochen und der Gelenke.

### a. Die Knochenverletzung.

Wohl an keiner Stelle des menschlichen Körpers zeigt sich ein solcher Unterschied in der Wirkung der alten Bleikugeln und der modernen gepanzerten Geschosse, als an den Gelenkenden der langen Röhrenknochen. Die ersteren haben einen größeren Querschnitt und sind leichter deformierbar: sie greifen mit breiterer Fläche an und geben wegen ihrer geringen Geschwindigkeit mehr Energie an den Knochen ab, verursachen daher auch im allgemeinen schwerere Zerstörungen, als die schnell fliegenden kleinkalibrigen Gewehrprojekte.

So sehen wir in der Regel bei den ersteren vollständige Kontinuitätstrennungen, bei den letzteren einfache Durchlochungen. Daß trotzdem die Verletzungen recht verschiedenartig ausfallen, hängt einmal von der größeren oder geringeren Festigkeit der Epiphysen ab — so verhalten sich das obere Tibiaende, das Olekranon, die harten Cristae fast wie Diaphysen — und zweitens von der lebendigen Kraft des Geschosses. Schließlich wird auch der Widerstand des weichsten Knochens Projektilen mit enormer Geschwindigkeit gegenüber so groß, daß deren Wirkung über die engste Umgebung des Schußkanals hinausgeht und eine vollständige Fraktur entsteht.

Wir finden nun an den Epiphysen alle Formen der Verletzung wieder, welche wir an den Diaphysen beobachtet haben.

Kontusionen sind extrem selten und entstehen durch matte Kugeln, welche meistens in den Weichteilen zurückbleiben, zuweilen jedoch nicht einmal imstande gewesen waren, die Haut zu durchbohren. Das Periost ist hier blutig imbibiert, oft vom Knochen abgehoben, einzelne Lamellen deprimiert und ebenfalls hämorrhagisch durchtränkt. Nur in wenigen Fällen gehen kurze und oberflächliche Sprünge vom Treffpunkte aus.

Rinnenschüsse werden hervorgerufen durch tangential

auftreffende Geschosse, sie stellen die typischen Verletzungen nach Streifungen durch die modernen Gewehrprojekteile von kleinem Querschnitte dar, werden aber auch häufig beobachtet nach Verwundungen mit größerem Bleikaliber, Shrapnellkugeln und Sprengstücken von Granaten. Die Dimensionen der aus der Epiphyse herausgeschlagenen Furche wechseln sehr. Diese ist sehr kurz, wenn die scharfen Knochenkanten getroffen sind (Fig. 75), erreicht jedoch zuweilen die Länge von mehreren Zentimetern, wenn die unter dem

Fig. 75.



Rinnenschuß der Humerusepiphyse. 8 mm Stahlmantel, 700 m.  
(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

Knorpel gelegenen Gelenkenden gestreift wurden. Die Tiefe und Breite der Rinne richtet sich nach dem Durchmesser, unter welchem das Geschloß die Epiphysen gefurcht hatte, sie entspricht zuweilen  $\frac{2}{3}$ — $\frac{3}{4}$  seines Querschnitts, ist aber in anderen Fällen wieder seicht und flach. Häufig gehen von dem Defekte, welcher sich nach der Ausschulßseite zu verbreitert, Sprünge in radiärer Richtung aus, welche jedoch meist nicht über die nähere Umgebung herausreichen und selbst an dünnen Knochenteilen, wie den Malleolen, dem Fibulaköpfchen die Kontinuität nicht aufzuheben pflegen.



Lochschüsse ohne vollständige Frakturierung bilden das Gros der Epiphysenverletzungen durch die modernen kleinkalibrigen Projektile, während sie bei Verwundungen durch die älteren Bleigeschosse weit seltener beobachtet wurden. Der Knochenschußkanal stellt hier eine mit-

Fig. 76.



a) Einschußseite

b) Auschußseite

Lochschuß der Femurepiphyse mit Fissurierung. 8 mm Stahlmantel.  
(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

unter zylindrische, meist kegelförmig sich erweiternde Röhre dar (Fig. 76), welche mit Grus und Blutkoagula ausgefüllt ist. Zuweilen endet sie blind; dann findet man in ihr die oft intakte Kugel (Fig. 77). Der Einschub (Fig. 76a) ist meist scharfrandig, der Auschuß (Fig. 76b) unregelmäßiger, aus seiner Umgebung sind häufig kleinere oder größere

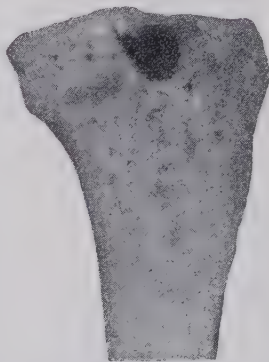
Stücke herausgebrochen. Radiäre, von dem Kanal ausgehende, durch die Wirkung des Geschosses als Keil entstandene Sprünge finden sich namentlich auf der Ausschußseite; sie können bis weit in die Gelenkenden und die Meta-, selbst Diaphysen hinreichen, ohne daß die Kontinuität unterbrochen wird. Nur selten fehlen Fissuren ganz, meist bei matten Projektilen (Fig. 78).

Die Weite der zylindrischen Knochenröhre richtet sich ganz nach dem Kaliber des betreffenden Geschosses; je größer dasselbe, desto größer ist der Durchmesser des Kanals, desto schmaler der Zwischenraum gegen die Epiphysen-

Fig. 77.



Fig. 78.



Lochschuß der Tibiaepiphyse mit  
steckengeblieben. Geschöß. 1350 m.

Lochschuß der Tibiaepiphyse ohne  
jede Fissurierung. 1350 m.

(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

oberfläche. Dagegen werden die Sprünge länger. Häufig wird daher, besonders bei Verletzungen mit den älteren Bleikugeln, aus dem Kanale eine Furche, indem die Decke einbricht (Fig. 79), während beim modernen Mantelgeschosse oft nur eine ganz dünne Spange die Röhre gegen die Oberfläche zu abschließt (Fig. 80).

Selbst mit großer Geschwindigkeit auftreffende, leicht deformierbare Projektilen können einen Lochschuß herbeiführen, ohne daß die Kontinuität unterbrochen zu sein braucht; hier ist dann die trichterförmige Erweiterung, die Folge des sich vergrößernden Querschnittes, der in der Richtung des Stoßes geworfenen Knochenmasse, ganz besonders ausgesprochen (Fig. 81).

Fig. 79.



Fig. 80.



Lochschuß der Femurepiphyse mit  
Einbruch der Decke gegen den  
Knorpel. 8 mm Stahlmantel. 600 m.

Lochschuß der Tibiaepiphyse.  
8 mm Stahlmantel. 1350 m.

(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

Fig. 81.

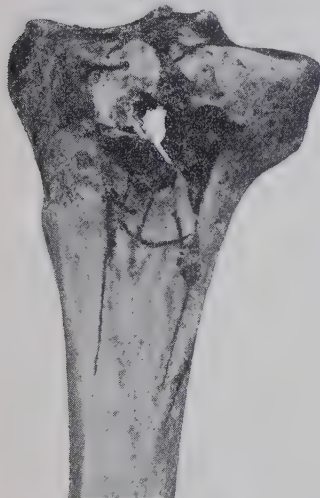


Fig. 82.



Lochschuß der Tibiaepiphyse. 8 mm  
Hohlspitzengeschoß. 300 m.

Fraktur der Femur- und Tibiaepi-  
physe durch ein spitzwinklig auf-  
treffendes Geschoß. 200 m.

(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

Bedeutungsvoller, als die bis jetzt geschilderten Verletzungen sind diejenigen mit vollständiger Absprengung der Gelenkenden oder eines Teiles derselben.

Verschiedene Momente begünstigen ihr Entstehen. Das sind sehr harte Epiphysen, gröberes Kaliber, bedeutende lebendige Kraft und schräges Auftreffen des Projektils in der Längsrichtung, wie wir es hauptsächlich bei Verwundungen im Liegen beobachten.

Fig. 83.

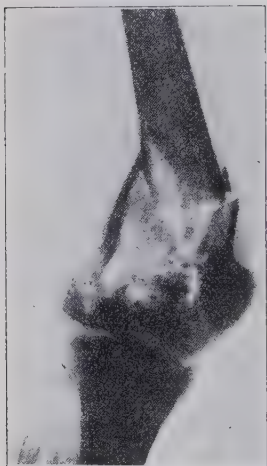
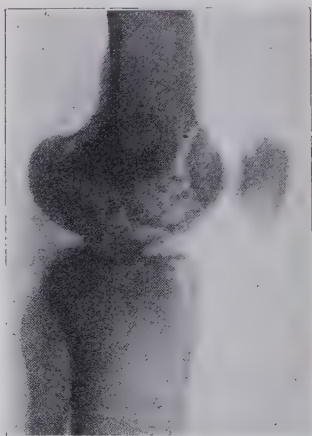


Fig. 84.



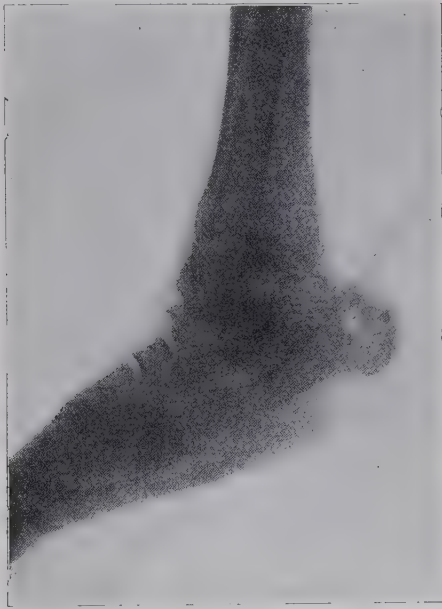
Zertrümmerung der Femurepiphyse. Nahschuß der Femur- und Tibia-  
8 mm Hohlspitzengeschöß. 200 m. epiphyse. 8 mm Stahlmantel.  
(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

Auch bei den letzteren finden wir oft ganz erhebliche Zerstörungen, namentlich wenn gleichzeitig die übrigen Bedingungen für eine besonders große Geschößwirkung erfüllt sind. Die Epiphyse wird in mehrere Stücke zerschmettert, Risse gehen bis weit in die Meta- und Diaphyse hinein, welche häufig selbst in ausgedehnter Weise in Mitleidenschaft gezogen sind (Fig. 82). Dabei macht es natürlich einen großen Unterschied, ob der Knochen voll getroffen oder nur gerinnt ist. Im letzteren Falle pflegt die Verletzung nicht so bedeutend zu sein, wie im ersteren und sich mehr auf die getroffene Seite zu beschränken.

Gewaltige Verwüstungen werden durch Dum-Dum-Geschosse hervorgebracht (Fig. 83); hier wird häufig die ganze Spongiosa zu Pulver verrieben.

Nicht annähernd einen solchen Umfang erreichen die Zerstörungen durch senkrecht auftreffende, voll gepanzerte Gewehrprojekte, selbst wenn sie aus nächster Nähe abgefeuert sind. Allerdings findet man auch dann

Fig. 85.



Lochschuß des Calcaneus. 8 mm Stahlmantelgeschöß. 1350 m.  
(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

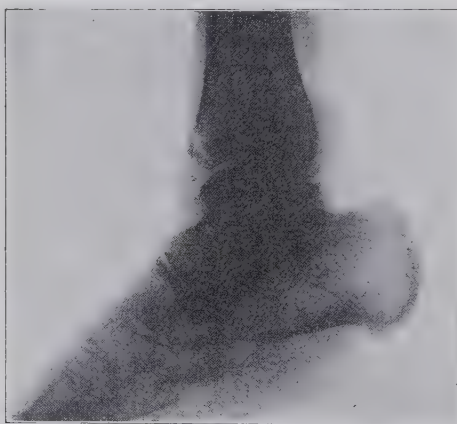
nicht selten die Epiphysen in viele Fragmente zerbrochen (Fig. 84), Zertrümmerungshöhlen oft von Gänseeigröße, ausgefüllt von Knochenstücken und Grus; doch geht die Zertrümmerung kaum über die spongiöse Substanz hinaus.

Mit zunehmender Entfernung nimmt die Wirkung des Geschosses entsprechend ab; schon von ungefähr 200 m an werden nur selten neben dem Knochenkanal noch ganze Teile der Epiphyse abgesprengt, Verletzungen, wie sie früher die



Regel bildeten, und wie wir sie jetzt hauptsächlich bei Verwundungen durch Shrapnellfüllkugeln und Granatsplitter beobachten. So sieht man Brüche der Tuberkula, Kondylen und Epikondylen, Schräg- und Querfrakturen, letztere meist als Folge von matten Geschossen. Häufig erfolgt die Kontinuitätstrennung in der früheren Knorpelfuge, nicht selten aber auch in ganz unregelmäßiger Weise.

Fig. 86.



Rinnenschuß der Tibiaepiphyse. 8 mm Stahlmantelgeschöß. 800 m.  
(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

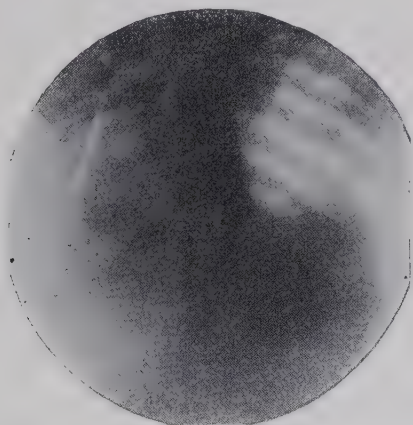
Genau den gleichen Charakter, wie die Verletzungen der Epiphysen, tragen auch die der kurzen spongiösen Knochen, ebenso wie sie auch denselben Einwirkungen ihre Entstehung verdanken. Daher finden wir bei Verwundungen mit kleinkalibrigen Projektilen aus mittleren und weiteren Entfernungen meist Rinnen- und Lochschüsse (Fig. 85), vollständige Frakturen dagegen bei näheren Distanzen, sowie bei Anwendung von Geschossen mit größerem Querschnitt.

Die Diagnose des Charakters der Knochenverletzung ist, wenn keine Kontinuitätstrennung vorliegt, im Leben nicht leicht, trotz X-Strahlen oft unmöglich. Ist die Spongiosa glatt durchschlagen, so sieht man im Röntgenbilde meist

nicht das geringste davon. Nur Durchleuchtungen, welche ganz genau in der Richtung des Schußkanals vorgenommen wurden, können unter günstigen Bedingungen genauen Aufschluß geben (Fig. 86 und 87). Verdankt das Loch in der Epiphyse seine Entstehung größerem Kaliber, dann sieht man schon leichter auf der Photographie eine helle Stelle im dunklen Knochen.

Bei Absprengungen ganzer Stücke, Splitterungen u. dergl. muß ein gutes Bild natürlich alle Einzelheiten zeigen; es tut dies oft viel besser, als das Präparat (vergl. die Röntgenbilder).

Fig. 87.



Lochschuß der Wirbelsäule. 8 mm Stahlmantelgeschöß. 600 m.  
(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

Die Symptome eines Loch- oder Rinnenschusses sind, wenn kein Gelenk dabei beteiligt ist, meist äußerst geringfügiger Natur. Bei Verwundungen der unteren Extremitäten vermag der Patient noch weiter zu gehen, bei denen der oberen Gliedmaßen oft ganz schmerzlos Bewegungen auszuführen. In frischen Fällen besteht Druckempfindlichkeit; ist diese sehr ausgedehnt, so spricht dies für Fissurierung.

## b. Die Verletzungen des Gelenkapparates.

Daß nicht eine jede Kugel, welche die Enden der Knochen trifft, auch das Gelenk selbst zu eröffnen braucht, ist wohl kaum zu erwähnen. Es war dies günstige Ereignis allerdings in früheren Feldzügen eine große Seltenheit, da bei den Verwundungen mit den großkalibrigen Geschossen in der Regel klaffende Sprünge bis zur Knorpelfläche reichten. Wie wir gesehen haben, beschränkt sich jedoch die Wirkung der modernen Gewehrprojekte meist auf eine ganz zirkumskripte Stelle der Spongiosa, ohne daß Fissuren vorhanden zu sein brauchen. Dieser Umstand hat zur Folge, daß die Verletzungen der großen Gelenke gegenüber den vergangenen Kriegen seltener geworden sein müssen. So betrugen sie z. B. 1870/71 4,1 pCt. aller Verwundungen, dagegen in den Kämpfen der Amerikaner auf Kuba und den Philippinen 1898/99 nur 2,5 pCt., also nur fast die Hälfte davon.

Andererseits sind infolge des geringeren Kalibers reine Kapseldurchbohrungen weit häufiger geworden. Sie wurden von uns wiederholt am Kniegelenk beobachtet und zwar nicht nur bei Verletzungen des oberen Recessus, sowie unter Beugung des Unterschenkels im sogenannten Simonschen Winkel, sondern auch bei gestrecktem Gliede. Der anatomische Bau des Ginglymus bringt es naturgemäß mit sich, daß derartige Läsionen bei ihm weit öfter vorkommen, als z. B. bei einer Arthrodie. So ist es als eine große Seltenheit zu bezeichnen, wenn das Schultergelenk oder die Hüfte eröffnet wird, ohne daß der Knochen mitgetroffen ist. Noch am häufigsten sieht man dies bei Streifschüssen.

Auch bei Kontusionen des Gelenkes können die Epiphysen vollständig intakt bleiben: doch findet man hier meist oberflächliche Fissuren, Blutungen in der Spongiosa, in andern Fällen, die stets auf grobes Geschütz zurückzuführen sind, Zertrümmerungen des ganzen Knochens, der Bänder und Kapsel, während die Haut scheinbar unversehrt ist. Zuweilen kommen dabei noch Luxationen oder Subluxationen zustande.

Recht häufig findet man Ergüsse in die benachbarten Gelenke bei Splitterfrakturen der Diaphysen, wie sie die kleinkalibrigen Projektile hervorrufen.<sup>1)</sup> Diese sind

1) Vergl. Küttner, l. c. S. 44. Makins führt dieselben auf eine „Vibration synovitis“ zurück.

zurückzuführen auf Risse, welche in der Längsrichtung verlaufen und noch die Epiphyse durchsetzen. Durch stärkere Kallusbildung können sie späterhin zu einem Hindernisse für die Funktion werden.

Die Anspießung eines durch den Schuß intakt gelassenen Gelenkes durch Knochensplitter ist früher nicht selten beobachtet worden. Auch wir sahen diese Komplikation bei einem Oberschenkelbruche durch eine englische Shrapnellfüllkugel infolge des Transportes eintreten.

Weitaus die meisten Gelenkverletzungen verdanken jedoch ihre Entstehung perforierenden Projektilen und sind mit Verletzungen der Epiphysen gepaart. Diese werden bei Schüssen aus mittleren und weiteren Entfernungen mit Kleinkaliber lochförmig durchbohrt oder rinnenförmig gestreift, bei näheren Distanzen, Verwundungen durch Bleikugeln oder Sprengstücke von Granaten meist vollkommen frakturiert. In den letzteren Fällen gehen meist Sprünge bis in die benachbarte Metaphyse hinein, werden Splitter losgerissen und die Kortikalis auf große Ausdehnung vom Perioste entblößt.

Mit dem Charakter der Knochenzerstörung ändert sich auch die Verletzung des Knorpels und der Weichteile. So finden wir kleine Aussehüßöffnungen in der Haut, welche in ihrem Durchmesser etwa dem Querschnitte des Projektils entsprechen, bei Loch- und Rillenschüssen, Defekte von mehreren Zentimetern bei den schweren Kontinuitätsbrüchen aus nahen Distanzen, wie sie auch bei Verwundungen durch Kleinkaliber entstehen (Fig. 70). Bei Verletzungen durch die leicht deformierbaren Bleigeschosse und Shrapnellfüllkugeln ist der Substanzverlust infolge der Stauchung und der Wirksamkeit mitgeführter Knochenpartikel meist noch größer, als dem Querschnitte des intakten Projektils entspricht.

Die außerordentlich elastischen und festen Bänder, sowie die Kapsel verhalten sich etwa wie Fascien und Aponeurosen; sie werden schlitzförmig durchsetzt bei geringerer Geschwindigkeit, erleiden jedoch einen entsprechenden Verlust an Gewebe, wenn die Schnelligkeit des Geschosses bedeutend war. Mitgerissene Splitter vergrößern auch hier den Umfang des Defekts.

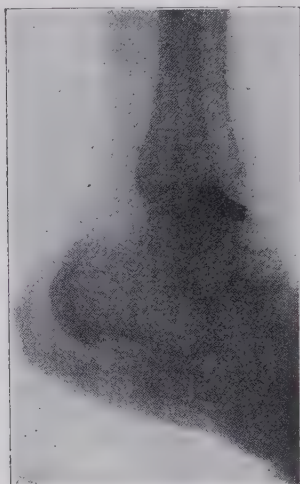
Der Knorpel wird meist in ganz der nämlichen Ausdehnung wie der Knochen verletzt; die durch die Epiphysen

verlaufenden Sprünge setzen sich in ihn fort und ziehen in gleichbleibender Richtung hindurch. Ein Streifschuß gräbt zuweilen eine Rille darin, ohne die darunter liegende Spongiosa zu lädieren; in diesem Falle sind fast immer die beiden korrespondierenden Knorpelflächen mehr oder weniger gleichmäßig betroffen.

So sehen wir denn bei den Gelenkschüssen die verschiedenartigsten Bilder, je nach der lebendigen Kraft, dem Querschnitte, der Deformierbarkeit des Projektils, der größeren

Fig. 88.

a.



Im Fußgelenk steckengebliebenes 8 mm Stahlmantelgeschöß. 1350 m.  
(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

oder geringeren Festigkeit der Epiphyse, je nach der Richtung, in welcher diese getroffen wurde. Von den schwersten Zertrümmerungen der Knochen und Weichteile bis zu den einfachen Kapseldurchbohrungen gibt es jede mögliche Form der Verletzung.

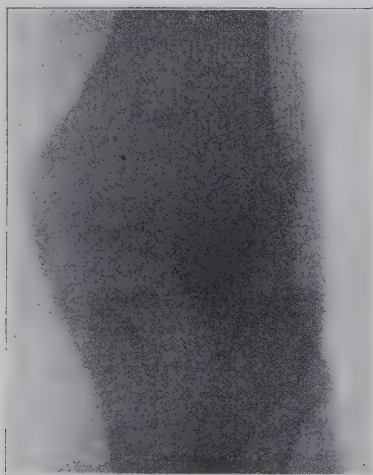
Recht selten ist das Steckenbleiben von modernen Gewehr-Geschossen im Gelenksacke geworden; ich selbst habe diese Komplikation bei Verwundungen durch kleinkalibrige Projektile überhaupt nicht beobachten können. Doch kommt sie natürlich vor (Fig. 88). Dagegen findet man sehr oft zurückgebliebene Shrapnellfüllkugeln oder Granatsplitter. Bei



Invaliden aus früheren Feldzügen weist uns das Röntgenbild ebenfalls vielfach Bleikugeln nach (Fig. 89).

Die Häufigkeit, mit welcher die einzelnen Gelenke verletzt werden, richtet sich nach ihrem Umfange und ihrer Exponiertheit im Gefechte. Weitaus am meisten wird das Knie getroffen, dann kommt Ellbogen, Schulter, Fuß, Hand und schließlich die Hüfte, welche durch ihre Lage am meisten geschützt ist. Trotzdem sich die Verhältnisse gegen früher insofern etwas geändert haben, als die Kämpfe heute mehr im Liegen ausgefochten werden, daher die oberen Extremitäten scheinbar mehr gefährdet sind, ist doch diese Reihenfolge nicht anders geworden.

Fig. 89.



Im Kniegelenk zurückgebliebene Reste eines Chassepotgeschosses.  
(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

#### c. Die Symptome und der Verlauf der Gelenkschüsse.

Das wichtigste und konstanteste Symptom eines Gelenkschusses ist der Hämarthros. Er fehlt eigentlich nie. Sein Umfang ist abhängig von der Knochenverletzung. Je bedeutender diese, desto stärker ist auch der Bluterguß; doch kann er auch bei reinen Kapseldurchbohrungen eine erhebliche Ausdehnung gewinnen.

Untersucht man den Verwundeten bald nach dem Schuß, so findet man meist nur eine geringe Schwellung des Gelenkes; sie nimmt jedoch allmählich zu und erreicht ihren Höhepunkt nach etwa 24 Stunden. Schon nach 3—4 Tagen haben wir — bei Kleinkaliberläsionen wenigstens — unter einem leicht komprimierenden Verbande stets eine Abnahme des Hämarthros gefunden; nach 3—4 Wochen war er fast immer verschwunden. Bis auf eine leichte Verdickung, welche für immer bestehen blieb, erschien dann das Gelenk normal, vorausgesetzt, daß keine schwere Knochenverletzung vorlag.

Die Entwicklung und Resorption eines Blutergusses erfolgt fast stets unter Erhöhung der Körpertemperatur, die ihren höchsten Stand nach ungefähr 3—4 Tagen erreicht, um dann wieder abzufallen. Vor Verwechslungen mit Eiterungen schützt die Punktion, welche wir zu therapeutischen Zwecken niemals nötig hatten anzuwenden.

Wenn gleichzeitig die großen Gefäße verletzt wurden, so kommt es unter Umständen zur Ausbildung eines pulsierenden Hämarthros. Fälle der Art sind aus dem südafrikanischen Feldzuge von Ringel und Treves beobachtet und beschrieben worden.

Die übrigen Symptome sind, sehen wir von dem bei Kleinkaliberschüssen nur sehr selten nachweisbaren Ausfluß von Synovia und dem Eindringen von Luft ab, nur unsicherer Natur.

Die Funktionsstörung ist häufig sehr gering. Verwundete mit Gelenkverletzungen der oberen Extremitäten können, ohne große Beschwerden zu empfinden, ihre Arme noch weiter bewegen, Patienten mit Läsionen der unteren Gliedmaßen zuweilen große Strecken weitermarschieren, ohne sich der Bedeutung des Traumas bewußt zu sein. Es gilt dies natürlich nur für einfache Kapseldurchbohrungen, Loch- und Rillenschüsse; bei vollständigen Kontinuitätsunterbrechungen der Epiphysen ist meist Unbrauchbarkeit des Gliedes vorhanden.

Schmerzen fehlen häufig ganz; bei Hüftgelenkverletzungen pflegen sie doch meist sehr stark zu sein. So schrie ein von uns behandelter englischer Soldat trotz Extensionsverband und hoher Morphiumdosen fast zwei Wochen hindurch, zuweilen Stunden lang, bis schließlich Linderung eintrat. Nicht selten wurden die Schmerzen an

falscher Stelle lokalisiert, so bei Hüftschüssen in den Ischiadicus oder Femoralis, ohne daß jedoch eine Beteiligung der betreffenden Nerven nachzuweisen war.

Wenn die Epiphyse frakturiert ist, so sind die Glieder meist verkürzt, die Gelenke in den bekannten charakteristischen abnormen Stellungen. Wenn dies jedoch nicht der Fall ist, so kann man häufig nur aus der Richtung des Schußkanals einen Schluß auf die Natur der Verletzung ziehen. Hier läßt uns zuweilen auch das Röntgenbild im Stich.

Der Verlauf einer Gelenkwunde hängt davon ab, ob sie infiziert wurde oder nicht. Eine Heilung ohne jede starke Reaktion bildet daher die Regel bei den Kleinkaliber-Verletzungen, bei welchen die Hautöffnungen klein, der Schußkanal eng und die Bedingungen für das Eindringen von Mikroorganismen ungünstig sind. Selbst wenn die Kontinuität der Epiphysen unterbrochen oder Teile davon abgesprengt waren, pflegt die Heilung in 4—6 Wochen vollendet zu sein, genau wie bei einer subkutanen Fraktur.

Die Neigung zu bindegewebigen Verwachsungen der Knorpelflächen ist in diesen Fällen sehr gering; wenn das betreffende Glied nicht zu lange immobilisiert war, wird auch meist eine gute Funktion erzielt. Die spätere Brauchbarkeit des Gelenkes hängt ab von dem Umfange der Knochenverletzung und dem dadurch bedingten Kallus; je stärker dessen Ausbildung ist, desto größer auch im allgemeinen die Störung des Mechanismus. Man sieht jedoch zuweilen trotz starker Deformation recht gute Resultate, ein anderes Mal trotz geringfügiger Zerstörungen der Epiphysen und sorgfältiger Behandlung starke Behinderung der Bewegungen. Namentlich beobachtete ich dies bei Knieschüssen, bei welchen das Projektil scheinbar zwischen Femur und Tibia hindurchgegangen war, ohne beide zu berühren. Ich möchte hier annehmen, daß der Knorpel von den gegenüberliegenden Gelenkenden abgestreift war, und die nunmehr bloßliegenden, durch einen Verband aufeinander fixierten Knochenflächen aneinandergewachsen sind.

Komplizierende Verletzungen der großen Gefäße und Nerven, welche sehr häufig bemerkt wurden, zurückgebliebene Geschossteile, selbst wenn sie nur in der Nachbarschaft der Kapsel außerhalb derselben lagen, beeinträchtigen die Funktion meist sehr stark.

Von 103 Verwundeten, welche nach Gelenkschüssen ge-

nenen waren, mußten nach den amerikanischen Sanitätsberichten 1898/99 32 pCt. als dienstunbrauchbar entlassen werden. Einzelheiten ergibt die nachfolgende Tabelle:

Art der Verletzung	Anzahl der Genesenen	Davon invalidisiert	
		absolute Zahl	in %
Hüfte . . .	1	1	100
Schulter . .	11	5	45
Ellbogen . .	17	7	40
Fuß . . . .	17	6	35
Knie . . . .	48	12	25
Hand . . .	9	2	22

Eiterungen nach Gelenkwunden durch Kleinkaliber sind ein seltenes Ereignis; es disponieren dazu die Streifschüsse der Kapsel mit breiter Eröffnung derselben, sowie die Verletzungen aus nächsten Distanzen mit großen Hautöffnungen. Beinahe die Regel bildet ein solch ungünstiger Verlauf bei den Verwundungen durch Shrapnellfüllkugeln und die Sprengstücke der Granaten, namentlich wenn die Behandlung ungenügend war; nicht selten wird er auch beobachtet dort, wo der Feind sich noch der älteren, mit Bleiprojektilen geladenen Gewehre bedient.

Die einzelnen Gelenke verhalten sich verschieden empfänglich für die Infektion; am leichtesten vereitert die *Articulatio talo-cruralis*. Der Grund hierfür liegt meines Erachtens einmal in der festeren Fußbekleidung, welche häufiger eine Abweichung des Geschosses aus seiner Bahn und eine Querstellung desselben, damit eine erheblichere Größe der Hautöffnungen bedingt, zweitens in dem Reichtum an Mikroorganismen, welcher sich in den schweißdurchtränkten Strümpfen und der Haut des Unterschenkels findet.

Einen ungünstigen Einfluß hat auch der Transport, namentlich wenn er ohne genügende Immobilisation ausgeführt ist.

Die Gelenke können nun vereitern, wenn Mikroben durch das Geschöß mitgerissen werden oder von der Haut aus bei großen äußeren und Kapselöffnungen eindringen, wenn unreine Finger, Sonden

die Wunden berührt haben, oder sie werden erst sekundär in Mitleidenschaft gezogen beim Uebergreifen einer Entzündung von den Diaphysen her, beim Anspießen durch Knochensplitter, bei schweren paraartikulären Weichteilphlegmonen und dergl.

Die ersten Symptome der Eiterung zeigen sich meist nicht vor Ablauf der ersten oder zweiten Woche nach der Verletzung, oft noch viel später. Ganz allmählich schwillt das Gelenk an und wird schmerzhaft, meist unter langsamer Steigerung der Körpertemperatur, nur selten eingeleitet durch einen Schüttelfrost. Die Funktion wird aufgehoben, das Glied nimmt diejenige Stellung ein, in welcher die Gelenkhöhle die meiste Flüssigkeit faßt, der Druck derselben daher am wenigsten empfunden wird. Bald rötet sich die Haut; nun entleert sich aus den schon geschlossenen äußeren Oeffnungen dünnes, trübes, oft mit Blutkoagula und Gewebsetzen vermischtes, zuweilen übelriechendes Sekret. Später wird es purulenter, reichlicher, um schließlich wieder abzunehmen. Die Wundhöhle kleidet sich mit Granulationen aus, nachdem die nekrotischen Weichteile und Knochenstücke ausgestoßen sind, die Fraktur konsolidiert sich; so kann Heilung eintreten, zuweilen ohne daß eine wesentliche Störung der Funktionen zustande kommt.

Meist aber sind die Folge bindegewebige Verwachsungen der Knorpelflächen, übermäßige Kallusbildung, Ankylose, oft unter diffomer Stellung des Gliedes, zuweilen auch Schlottergelenke, Luxationen und Subluxationen mit erheblicher Verkürzung der Extremität, welche dann fast immer unbrauchbar geworden ist.

Knochensplitter, selbst Knorpelstückchen können zwar anheilen, werden jedoch meist exfoliiert. Bei schweren Eiterungen kommt es häufig zu ausgedehnten Nekrosen der Gelenkenden und zu einer vollständigen Zerstörung derselben. Hier kann natürlich nur die Resektion oder Amputation Hilfe schaffen.

Wenn der Prozeß nicht bald von selbst oder infolge unserer therapeutischen Maßnahmen zum Stillstande gelangt, so zieht er meist den übrigen Körper in Mitleidenschaft. Je versteckter und tiefer ein Gelenk liegt, je buchtiger es ist, desto leichter kommt es zu einer Retention von Sekret, desto größer ist die Gefahr der Zersetzung und Resorption infektiösen Materiales. Daher sehen wir nach der Vereite-



rung des Knies und der Hüfte, bei denen diese Bedingungen erfüllt sind, am häufigsten Septikämie und Pyämie auftreten, Komplikationen, welche auch durch den Zerfall von Venenthromben und Osteomyelitis der Epiphysen herbeigeführt werden.

Sie entwickeln sich zuweilen schon sehr frühzeitig, in den ersten Tagen nach dem Trauma, meist dann, wenn die Hautöffnungen sehr groß, die Wunden stark verunreinigt und beschmutzt, der Transport wenig schonend waren. So sahen wir solche Fälle bei Knieschüssen von Boeren, welche längere Zeit im tropischen Regen ohne Schutz gelegen hatten, ihr durchschossenes Glied einzig mit Blättern bedeckt haltend.

Ein Schüttelfrost leitet meist das Drama ein. Gleichzeitig schwillt das Gelenk unter heftigen Schmerzen an, die paraartikulären Weichteile werden ödematös, die Haut rötet sich; aus der Wunde entleert sich trübes, übelriechendes, oft mit Gasblasen vermisches Sekret. Rapide steigern sich die Symptome; der Patient verfällt zusehends und ist dem Tode geweiht, wenn nicht die sofortige Fortschaffung des fauligen Herdes durch die Hand des Chirurgen das Leben noch zu retten vermag.

#### d. Die Prognose und Therapie der Schußwunden der Gelenke.

Der gleiche Umschwung wie in dem Verlaufe der komplizierten Knochenfrakturen ist seit dem Jahre 1877 auch in der Prognose der Gelenkschüsse vor sich gegangen. Gerade an ihnen zeigte ja E. v. Bergmann, daß solche Verletzungen regelmäßig primär heilen, wenn man sie mit einfacher antiseptischer Okklusion und Immobilisation behandelt. Von 15 Schußfrakturen des Knies, welche er mit Karbolsäure oberflächlich gereinigt, mit 10 proz. Salizylwatte umhüllt und im Gipsverbande festgestellt hatte, genasen 14 fast vollständig ohne Eiterung. Ein solches Resultat hatte man noch damals, trotz Lister, für unmöglich gehalten.

Es weist uns denn auch der amerikanische Sanitätsbericht aus den Jahren 1898/99 eine bedeutende Herabsetzung der Mortalität nach; hiernach endeten von 107 Ver-

letzungen großer Gelenke 3,74 pCt. tödlich, während noch 1870/71 35,9 pCt. aller derartiger Verwundeter starben. Als Reihenfolge der Gefährlichkeit ergab sich damals an erster Stelle die Hüfte, dann folgten Knie, Schulter, Fuß, Ellbogen, Handgelenk. Erst eine genaue Statistik aus dem südafrikanischen Kriege wird zeigen, ob diese Stufenleiter noch inne gehalten ist.

Die Ursache des Todes, welcher meistens in der zweiten bis vierten Woche eintritt, ist fast stets Pyämie oder Septikämie. Bei Verwundungen durch Granatsplitter beobachteten wir auch das Auftreten von Tetanus, welcher dem Leben ein baldiges Ziel setzte. Häufig ist der Tod auf Rechnung einer schweren Komplikation, der Eröffnung einer der großen Körperhöhlen, der Verletzung bedeutender Gefäße zu setzen. Lang andauernde Eiterungen führten früher nicht selten amyloide Degeneration der Unterleibsorgane, Lungenschwindsucht und so den Exitus letalis herbei; ein solcher Ausgang ist wohl jetzt eine große Seltenheit geworden.

Aber nicht nur Leben, sondern auch Glieder werden durch unsere heutige Therapie gerettet. Während noch 1870/71 21,6 pCt. aller Gelenkschüsse amputiert, 20,2 pCt. reseziert werden mußten, genasen in der amerikanischen Armee in den Jahren 1898/1900 94 pCt. unter konservativer Therapie.

Solche Resultate lassen sich jedoch nur dann erzielen, wenn man schon auf dem Schlachtfelde alles vermeidet, was eine Infektion der Wunde herbeizuführen imstande ist. Dies erreicht man dadurch, daß man ohne jede weitere Manipulation die Hautöffnungen durch sterile Verbandstoffe verschließt und die Extremität gut feststellt. Auf die Frage, in welcher Weise man dies bewerkstelligt, wollen wir hier nicht näher eingehen; die Hauptsache bleibt, daß die Asepsis gewährleistet und die Immobilisation zuverlässig ist, genau wie bei den Diaphysenfrakturen.

Die primäre Amputation kommt nur dann in Frage, wenn gleichzeitig Weichteile und Knochen in größter Ausdehnung zerstört sind, so daß doch keine Heilung ohne Infektion zu erwarten ist oder die Blutung aus zerschossenen Gefäßen auf keine andere Weise zu stillen ist.

Von einer totalen typischen Resektion ist in allen Fällen abzusehen; dagegen kann es bei schweren Splitterfrakturen mit großen, verunreinigten Wunden zweckmäßig

erscheinen, das Gelenk breit zu eröffnen, von losen Splittern, Blutkoagula und Fremdkörpern zu reinigen, sowie für Abfluß zu sorgen. Da die Drains an den tiefsten Stellen liegen und das Sekret aus allen Nischen und Buchten gut ableiten sollen, wird es häufig nötig, Gegenöffnungen nach den verschiedensten Seiten hin anzulegen und durch Wegmeißeln von Knochen Platz zu schaffen. Ein solcher Eingriff erfordert jedoch Zeit, Assistenz und Asepsis; daher kann man nicht sofort auf dem Schlachtfelde daran gehen, sondern muß die Operation auf das Feldlazarett versparen. Bis dahin kann man auch ruhig warten.

Der erste Verband bleibt unter gewöhnlichen Verhältnissen, so fast regelmäßig bei den Verwundungen durch kleinkalibrige Geschosse so lange liegen, bis die Vernarbung der Hautöffnungen vollendet ist, d. i. zirka 10 Tage. Dann beginnt man, vorausgesetzt, daß keine schwere Knochenverletzung vorliegt, welche noch nicht konsolidiert ist, mit vorsichtiger Massage. Wenn sich der Bluterguß bis dahin nicht resorbiert oder innerhalb der ersten Tage eine solche Ausdehnung angenommen hat, daß dadurch die Gelenkkapsel übermäßig gespannt und dem Patienten intensive Schmerzen bereitet werden, so muß man ihn durch Punktion entfernen. Wir sind nie dazu genötigt worden.

Deutet nun die Beobachtung der Körpertemperatur, des Befindens des Patienten auf eine Störung im Wundverlaufe, so ist der Verband schleunigst zu entfernen; nimmt man wahr, daß das Gelenk vereitert ist, so steht man vor der Frage, ob Incision mit partieller oder totaler Resektion oder Amputation angezeigt ist. Ist der Kräftezustand des Patienten gut, bestehen noch keine Zeichen einer Allgemeininfektion, so wählen wir den ersteren Eingriff, vorausgesetzt, daß keine besonders schwere Knochenverletzung vorliegt. In letzterem Falle dagegen entfernen wir das ganze Glied, namentlich dann, wenn dem Verwundeten ein längerer Transport bevorsteht. Ein solcher verschlechtert die Prognose so sehr, daß wir, gewitzigt durch trübe Erfahrungen bei Shrapnelschüssen, dringend dazu raten, unter diesen Umständen die radikale Operation auszuführen.

Sie ist gleichfalls indiziert, wenn trotz der Resektion das Fieber nicht weicht und Erscheinungen von Sepsis auftreten.

Die Prognose der verstümmelnden Eingriffe ist im Felde recht trüb. 1870/71 starben von den Amputierten

58 pCt.; eine Besserung ist kaum zu erhoffen, wie der Sanitätsbericht der Amerikaner mit über 50 pCt. Mortalität beweist. Der Grund dafür, daß trotz der Vervollkommenung unserer Methoden die Resultate so wenig befriedigen, liegt darin, daß wir bei einem sonst gesunden Menschen das Glied nur im äußersten Notfalle opfern, daher uns häufig zu spät zu der Preisgebung desselben entschließen.

Fig. 90.



Lochschuß der Femurmetaphyse mit Fissurierung. 8 mm Stahlmantel  
geschoß 200 m. a. Einschußseite. b. Ausschußseite.  
(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

### III. Die Schussverletzungen der Metaphysen.

Die Verletzungen der Metaphysen<sup>1)</sup>, d. i. desjenigen teils spongiösen, teils kompakten Abschnittes, welcher zwischen der eigentlichen Epiphyse und dem Mittelstück der Diaphyse gelegen ist, tragen den Charakter der Epiphysen- und Diaphysenschüsse mit einander kombiniert. Je nach der Festigkeit und dem dadurch bedingten Widerstande finden

1) Kocher, l. c. S. 190.

Fig. 91.

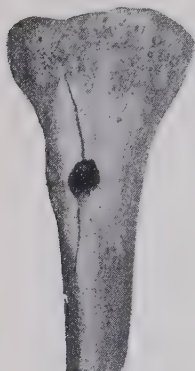
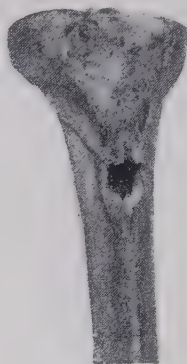


Fig. 92.



Lochschuß der Tibiametaphyse mit  
steckengebliebenem Geschoß.  
Shrapnel 2000 m.

Rinnenschuß der Tibiametaphyse.  
Shrapnel 2000 m.

(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

Fig. 93.

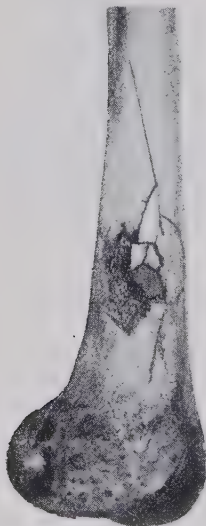


Fig. 94.



Schmetterlingsfraktur der Femurmetaphyse.  
8 mm Stahlmantel. 600 m.

Furchenschuß der Femurmeta-  
physe. Miné 18 mm.

(Kriegschirurgische Sammlung der  
Kaiser Wilhelms-Akademie.)



wir einmal in den härteren Teilen vollständige Kontinuitätstrennungen, in den weicheren reine Rillen- und Lochschüsse.

Die Knocheneinschußöffnung ist bei den letzteren, welche also hauptsächlich in den dem Gelenke zu gelegenen Partien beobachtet werden, meist rund, dem Querschnitt des Projektils entsprechend; der Schußkanal erweitert sich allmählich trichterförmig, sodaß der Ausschuß im allgemeinen größer ist als der Einschuß (Fig. 90). Fast regelmäßig gehen von beiden radiäre (Keil-) Fissuren aus; sie können jedoch auch bei mäßiger Geschwindigkeit und kleinem Kaliber ganz fehlen. Wenn die lebendige Kraft nur gering, so ist der Einschußdefekt unregelmäßiger, der Ausschuß häufig dadurch vergrößert, daß aus seiner Umrandung ein mehr oder weniger umfangreiches Stück ausgebrochen ist. Bei matten Projektilen sieht man blinde Kanäle, an deren Ende die Kugel steckt (Fig. 91).

Rinnenschüsse entstehen unter denselben Umständen wie die Lochschüsse; auch sie sind meist mit Fissuren vergesellschaftet (Fig. 92). Bei gröberen tangential auftreffenden Geschossen kommt es zu ausgedehnten Impressionen und Absprengungen der Kortikalis, sowie mannigfachen Sprüngen, ohne daß die Kontinuität aufgehoben zu sein braucht (Fig. 93). Bei allen Knochenrinnenschüssen nimmt die Breite der Furche nach der Ausschußseite hin zu, zeigen sich hier die größten Defekte, während sich die Einschußseite durch glattere Ränder auszeichnet.

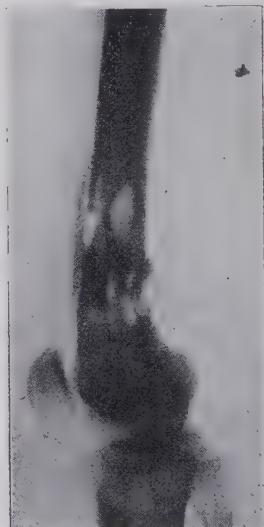
Je näher nun die Metaphyse dem Mittelstücke zu getroffen wird, desto häufiger wird durch Zusammenfließen der Bruchlinien eine vollständige Aufhebung des Knochenzusammenhangs hervorgerufen. Wir finden hier ganz dieselben Typen wieder vor, welche wir schon bei der Betrachtung der Diaphysenschüsse kennen gelernt haben, so die Schmetterlingsfraktur (Fig. 94) mit ihren Varianten, die Aussprengung eines großen dreieckigen Keils (Fig. 95) usw. Infolge des geringeren Widerstandes, welchen die Metaphyse dem andringenden Projektil darbietet, ist sowohl der Ein- als auch der Ausschuß meist recht deutlich nach der Rekonstruktion wiederzuerkennen, ersterer als kreisrundes Loch, letzterer als unregelmäßigere Öffnung, während der Kanal im Knochen auch hier einen sich allmählich erweiternden Trichter darstellt.

Bei Verwundungen aus nahen Distanzen entstehen selbst in denjenigen Teilen, welche der Epiphyse zu gelegen sind, oft ganz gewaltige Zerstörungen, welche weit über das Gebiet der Metaphyse hinausgehen, namentlich wenn das Projektil unter einem sehr spitzen Winkel in der Längsrichtung voll aufgetroffen ist (Fig. 96). Sowohl der Ausschuß, als auch der rekonstruierte Einschuß übertreffen hier an Umfang das Kaliber oft um das Zwei- oder Dreifache. War der Knochen nur auf der einen Seite getroffen oder gestreift, so beschränkt sich die Splitterung häufig auf diese Hälfte, während die andere intakt blieb.

Fig. 95.



Fig. 96.



Keilbruch der Femurmetaphyse. 6 mm Stahlmantel. 600 m.      Splitterfraktur der Femurmetaphyse. 8 mm Stahlmantel. 20 m.  
(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

Die Diagnose ist sehr leicht, wenn die Kontinuität aufgehoben ist, schwer, wenn dieselbe erhalten. Zuweilen hilft dann das Röntgenbild (Fig. 97), welches auch über den Typus der Fraktur Aufschluß gibt. Manchmal läßt uns aber auch dieses Hilfsmittel im Stich; dann kann man häufig nur aus der Lage der Hautöffnungen und dem Druckschmerze auf einen Knochenschuß schließen.

Die Prognose der Verletzungen der Metaphysen ist besser als die der Diaphysen, da bei den ersteren infolge der geringeren Splitterung, der weicheren Spongiosa und dünneren Kortikalis auch die Weichteilzerstörung einen kleineren Umfang hat. Sehen wir von einer etwaigen Beteiligung der Gelenke ab, so stellen sich diese Schüsse dagegen ungünstiger, als die durch eine Epiphyse, bei welcher die Hautöffnungen noch kleiner, die Knochenverletzung unbedeutender sind.

Auf den Verlauf und die Therapie wollen wir hier nicht näher eingehen, da beides sich aus früheren Schilderungen ergibt.

Fig. 97.



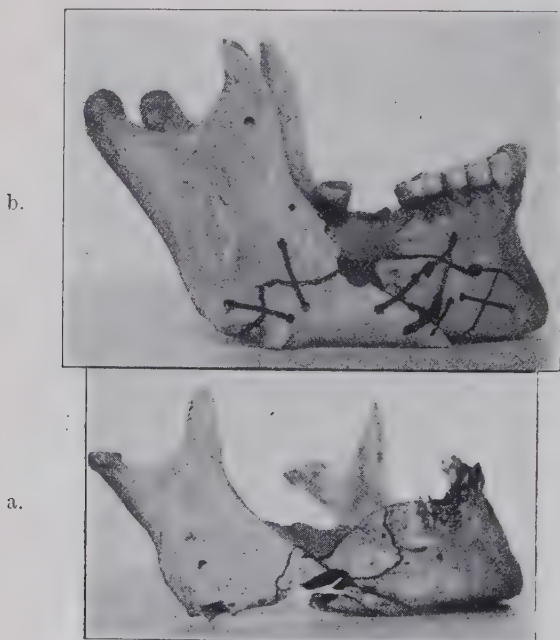
Lochschuß der Femurmetaphyse. 6 mm Stahlmantel. 1600 m.  
(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie).

#### IV. Die Schussverletzungen der platten Knochen.

Die Verletzungen der einzelnen platten Knochen sind verschieden zu bewerten. Ein Teil von diesen — namentlich der Unterkiefer, weniger der Jochbogen, Sitzknorren, Spina scapulae u. a. m. — setzt dem andringenden Geschosse infolge seiner großen Härte und Festigkeit einen ähnlichen Widerstand entgegen wie die spröden Diaphysen; man findet also

meist vollständige Kontinuitätstrennungen (Fig. 98 u. 99), welche bei Verwundungen durch moderne Gewehrprojektilen aus nahen Distanzen mit Absprengung zahlreicher Splitter verknüpft sind. Daher beobachtet man hier zuweilen auch gewaltige Zertrümmerungshöhlen in den Weichteilen, welche die Größe eines Hühnereies und darüber erreichen können. Mit

Fig. 98.



Splitterfraktur des Unterkiefers.

a. Vollmantelgeschoss. 8 mm 600 m. b. Teilmantelgeschoss. 8 mm 400 m.  
(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

zunehmender Entfernung werden die Zerstörungen geringer; doch sieht man nur selten, am Unterkiefer niemals Loch- und Rillenschüsse, welcher Art das verwandte Geschöß auch gewesen sein mag.

Einen weit günstigeren Charakter tragen die Verletzungen der übrigen platten Knochen, der Schulterblattschuppe, des Brustbeins, der Darmbeinschaukel u. a. Der Schädel nimmt darunter noch eine Sonderstellung ein, da wegen

seines feuchten Inhalts eine Sprengwirkung von innen heraus zustande kommt; wir werden hierauf an anderer Stelle zurückkommen.

Kontusionen wurden namentlich an Becken, Skapula und Sternum beobachtet; sie sind jetzt sehr selten, wurden aber früher als Quellen der Pyämie gefürchtet. Man findet hier das Periost gequetscht und abgehoben, sowie Ekehymosen über und in den oberflächlichen Lamellen des Knochens, ohne daß seine Struktur eine wesentliche Veränderung er-

Fig. 99.



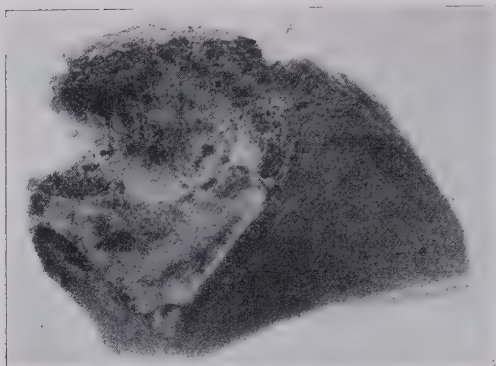
Fraktur des Unterkiefers. 8 mm Bleispitzengeschoß. 400 m.  
(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

litten hat. Das Blut resorbiert sich meist; nur selten entwickeln sich am Orte des Traumas Hyperostosen. Dagegen kann es beim Eintritte einer Infektion infolge der mangelhaften Ernährung an diesen Stellen zu einer Nekrose kommen, welche zuweilen begleitet wird von eitrigen Ostitiden und septischen Prozessen.

Isolierte Fissurenbildung, Absprengung oder Infraction der inneren resp. äußeren Rindenschichte, Depression des ganzen Knochens sind sehr seltene Verletzungen und fast nur am Schädel beobachtet. Dagegen sieht man zuweilen wohl blinde Schußkanäle, an deren

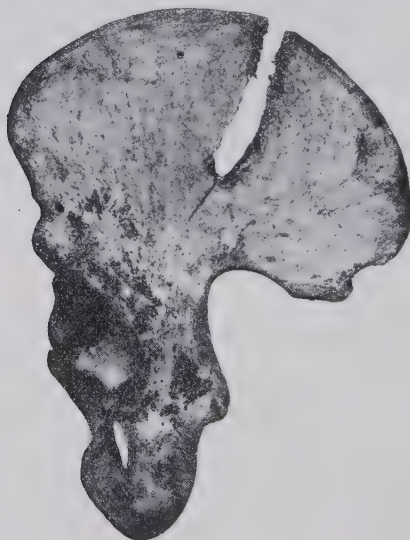


Fig. 100.



Streifschuß des Darmbeines. 800 m. 8 mm Stahlmantel.  
(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

Fig. 101.



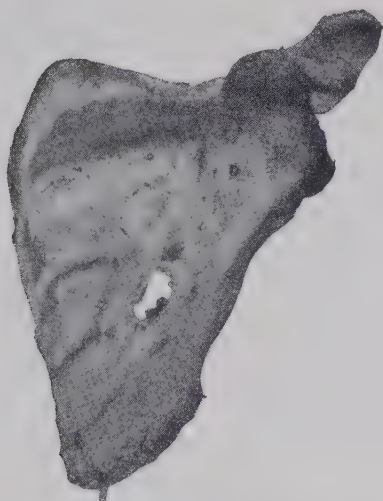
Rinnenschuß des Darmbeines. 600 m. 8 mm Stahlmantel.  
(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

Ende das Geschloß steckt, so namentlich am Becken, im Oberkiefer (Highmorshöhle) und Stirnbeine.

Das Gros der Verletzungen des platten Knochens bilden Loch- und Rillenschüsse.

Die letzteren kommen hauptsächlich an den hervorragenden Kanten und Punkten, den Cristae und Spinae, sowie überhaupt an allen Randpartieen vor. Die herausgeschlagene Furche hat je nach der Ausdehnung der berührten Fläche eine verschiedene Tiefe; von den oberflächlichsten (Fig. 100) bis zu den tiefsten kommen alle Variationen

Fig. 102.

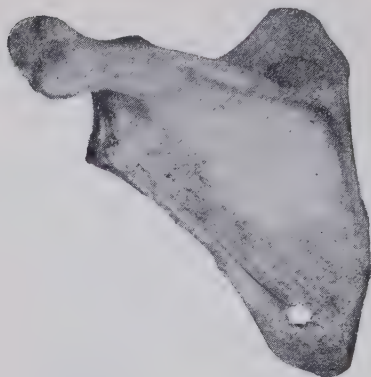


Lochschuß der Scapula. 8 mm Stahlmantel. 2000 m Distanz.  
(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

vor. Die längsten Streifschüsse findet man am Os ilei (Fig. 101). Nach Bergmann zeichnet sich die Stelle, an welcher das Projektil zuerst aufschlug, durch einen schärferen Schnitt und glatteren Ausbruch aus. Häufig setzt sich die Rinne in eine Längsfissur fort (Fig. 101, Keilwirkung); zuweilen finden sich deren auch mehrere, so namentlich bei größerer Geschwindigkeit.

Am häufigsten sind die Lochschüsse; ihr Aussehen ändert sich mit der Entfernung, aus welcher das Projektil

Fig. 103.



Lochschuß der Scapula.

8 mm Stahlmantel. 1000 m Distanz.

(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

Fig. 104.



Lochschuß der Hüftpfanne.

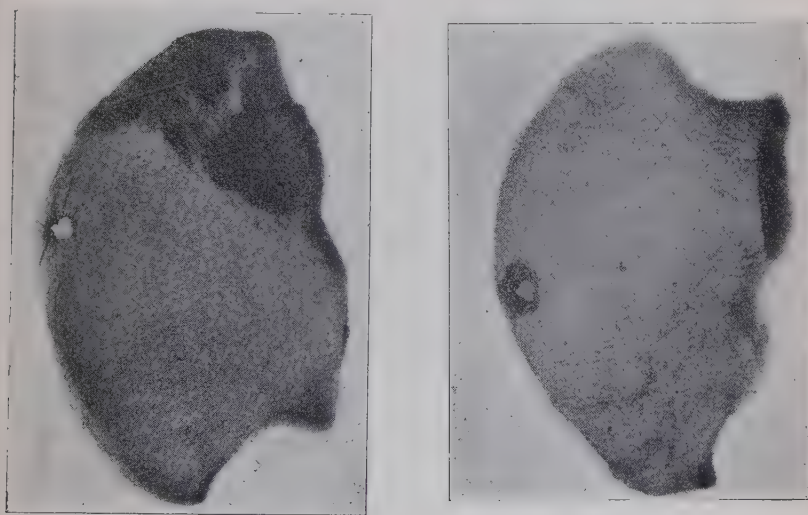
8 mm Stahlmantel. 2000 m Distanz.

(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

abgefeuert wurde. War die letztere sehr groß, so werden durch das Geschloß Stücke von unregelmäßiger Form herausgebrochen, welche wenig Typisches haben und uns daher auch keinen Aufschluß über das verwendete Kaliber zu geben vermögen (Fig. 102). Auch hier kommt es meist zu Rissen in der Umgebung.

Bei mittleren und geringeren Geschwindigkeiten ist der entstehende Defekt kreisrund, genau dem Querschnitt des Geschosses entsprechend, ein getreues Abbild von ihm

Fig. 105.



a

b

Lochschuß des Darmbeins. 8 mm Stahlmantel. 800 m Distanz.

a) Einschußseite. b) Ausschußseite.

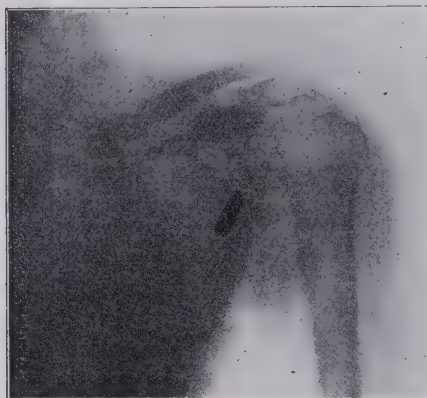
(Fig. 103 u. 104). Je fester die verletzte Region, je größer die lebendige Kraft des Projektils ist, desto mehr radiäre Fissuren finden sich auch um den Substanzverlust. Ganz fehlen sie nur, wenn sehr weiche Partien aus weiteren Distanzen getroffen sind.

Bei dickeren Knochen erweitert sich der Schußkanal gegen den Ausschuß zu, sodaß der letztere größer ist als der Einschuß. Diese Erscheinung tritt besonders

deutlich bei deformierbaren Projektilen zu Tage, zeigt sich aber auch fast stets bei Verletzungen mit Stahlmantelgeschossen (Fig. 105). Die Ursache dieses Phänomens haben wir schon an anderer Stelle erörtert.

Splitter- und Stückbrüche der platten Knochen durch Kleinkaliber sind selten; meist verdanken sie ihre Entstehung Querschlägern (Fig. 106). Häufiger sind sie nach Verwundungen mit Shrapnellfüllkugeln, Granatsplittern oder den alten Bleigeschossen. Schmale vorspringende Knochenvorsprünge, wie der Processus

Fig. 106.



Fraktur der Scapula (Querschläger).  
8 mm Mantelgeschöß. 800 m Distanz.  
(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

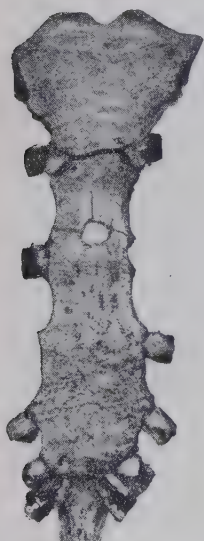
coracoideus scapulae, die Spina ossis ilei anterior superior und andere können auch durch senkrecht oder schräg auftreffende Projektilen mit geringem Querschnitt abgerissen werden. Ebenso kann durch das Vorhandensein ganz kurzer Fissuren ein ursprünglicher Lochschuß der Rippe, selbst des Sternums (Fig. 107) in eine vollständige Fraktur umgewandelt werden. Notwendig ist dies natürlich nicht. Da das Periost in solchen Fällen erhalten bleibt, erkennt man die Kontinuitätstrennung erst nach der Mazeration; sie tritt also auch im Leben kaum in Erscheinung.



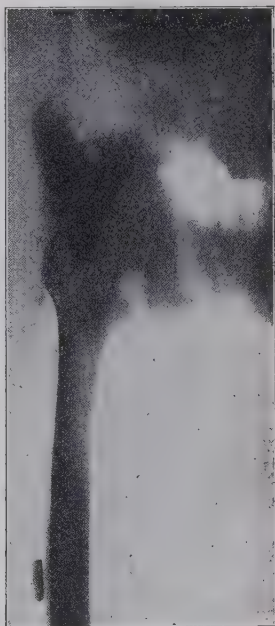
Die Symptome der Verletzung eines platten Knochens durch die modernen Geschosse sind meist äußerst geringfügig. Trotzdem wir ihnen sehr häufig begegnen, achtet man doch kaum auf sie, so unbedeutender Natur sind die Erscheinungen, welche sie machen. Erst wenn wir uns aus der Lage der Ein- und Ausschußöffnung klar gemacht hatten,

Fig. 108.

Fig. 107.



Fraktur des Corpus Sterni.  
8 mm Mantelgeschöß.  
200 m Distanz.



Fraktur des Beckens  
(mit Lochschuß des Trochanter major.)  
8 mm Mantelgeschöß.  
200 m Distanz.

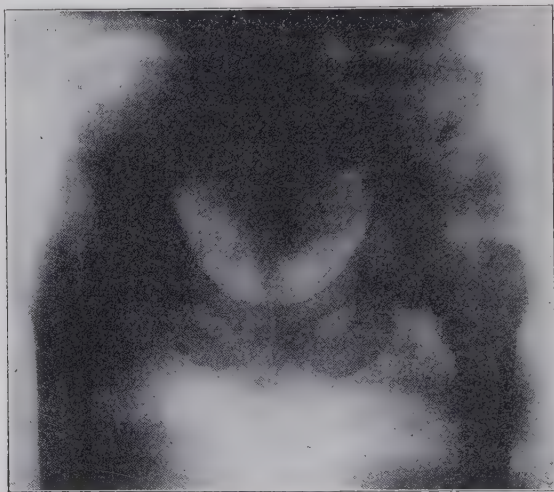
(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

wo das Projektil durchgedrungen sein mußte, konnten wir auch die Stelle durch ihre Druckempfindlichkeit genauer bestimmen.

Die Diagnose ist daher häufig ganz unmöglich, zumal da uns das Röntgenbild bei Loch- und Rillenschüssen meist im Stich läßt. Liegt dagegen eine vollständige Kontinuitätstrennung vor, so erhält man hierdurch zuweilen, auch wenn die übrigen Fraktursymptome fehlen, wertvolle Aufschlüsse (Fig. 108 u. 109).

Der Verlauf und die Prognose wird meist durch die anderweitige Verletzung bestimmt. Sehen wir hiervon ab, so heilen die Loch- und Rillenschüsse, auch wenn eine bedeutende Fissurierung in der Umgebung besteht, meist so günstig, daß wir bei der späteren Untersuchung fast niemals etwas davon nachweisen können. Manchmal bleibt allerdings an diesen Stellen eine Verdickung bestehen.

Fig. 109.



Fraktur des Beckens. 8 mm Mantelgeschöß. 1350 m Distanz.  
(Kriegschirurgische Sammlung der Kaiser Wilhelms-Akademie.)

Nur selten kommt es bei Verwundungen durch Kleinkaliber auf Grund einer Infektion zu Nekrosen; wir sahen dies am Becken. Verletzungen durch gröbere Geschosse, Granatsplitter und Shrapnellfüllkugeln tendieren jedoch zu Eiterungen; hier erlebt man auch jetzt noch Osteomyelitiden mit nachfolgender Sequestration, zuweilen sogar in deren Gefolge Pyämie.

Die Therapie muß sich im wesentlichen darauf beschränken, die Infektion fernzuhalten; auch sie wird in der Hauptsache durch die anderweitigen Verletzungen bestimmt.





COUNTWAY LIBRARY



3 2044 119 342 822



COUNTWAY LIBRARY



3 2044 119 342 822

**HD**